

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

**BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

**ÚSTAV PROCESNÍHO A EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ**

**FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING**

**INSTITUTE OF PROCESS AND ENVIROMENTAL ENGINEERINGG**

# **MOŽNOSTI VYUŽITÍ ROSTLIN PRO VÝROBU ENERGIE**

**POSSIBILITY EXPLOITATION PLANTS IN PRODUCTION OF ENERGY**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**BACHELOR'S THESIS**

**AUTOR PRÁCE**

**AUTHOR**

**OLDŘICH JANSÁ**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

**SUPERVISOR**

**Ing. PAVEL NOVOTNÝ, CSc.**



VLOŽIT ORIGINÁL/KOPII ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

## RUB ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

## ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá možnostmi využití rostlin při výrobě energie a uvádí jednotlivé technologie pro zpracování biomasy. Je probrán potenciály možného využití odpadní i cíleně pěstované biomasy a uvedena produkce jednotlivých druhů biomasy. Dále je uveden modelový výpočet nákladů na vytápění a zkušenosti majitelů vytápěných rodinných domů.

## ANNOTATION

Bachelor dissertation deals with possibilities of plant utilisation in producing energy and presents individual technicalities of biomass processing. There is analysed potential usage of waste and purposely grown biomass and specifies production of individual biomass types. Furthermore it mentions model calculation of costs on heating and experiences of owners of heated houses.

## Klíčová slova

Biomasa, obnovitelný zdroj energie, využití biomasy

## Key words

Biomass, renewable energy source, the use of biomass

### **Bibliografická citace mé práce:**

JANSA, O. *Možnosti využití rostlin pro výrobu energie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. XY s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Pavel Novotný, CSc

### **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji tímto, že bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně na základě uvedené literatury pod vedením vedoucího diplomové práce.

.....  
Podpis diplomanta

### **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji panu Ing. Pavlu Novotnému, CSc. za vedení, poskytnuté rady a věnovaný čas při tvorbě mé bakalářské práce.

## OBSAH

Úvod .....	8
1. Potřeba energie .....	9
2. Biomasa .....	13
2.1. Biomasa cíleně pěstovaná .....	15
2.2. Biomasa odpadní .....	18
3. Možnosti využití biomasy .....	19
3.1. Spalování biopaliv .....	21
3.2. Bioplyn .....	24
3.3. Kapalná biopaliva .....	28
3.4. Kompostování .....	30
4. Legislativa .....	31
4.1. Předpisy týkající se problematiky využívání biomasy .....	31
4.2. Dotace státu na využívání obnovitelných zdrojů energie .....	31
5. Produkce fytomasy v ČR .....	33
5.1. Fytomasa s obsahem lignocelulózy .....	33
5.2. Fytomasa olejnatých plodin .....	36
5.3. Fytomasa s vysokým obsahem škrobu a cukru .....	37
6. Náklady na vytápění RD .....	38
6.1. Kotel na pelety .....	38
6.2. Kotel na hnědé uhlí .....	39
6.3. Kotel na kusové dřevo .....	40
7. Vyhodnocení využívání biomasy .....	41
Přepočty .....	43
Veličiny, jednotky a zkratky .....	44
Seznam literatury .....	45
Seznam tabulek a obrázků .....	47

## Úvod:

Biomasa byla a je již od doby kamenné tradičním a primárním zdrojem tepla a světla, jak v lesnatých oblastech, tak i v holé krajině. Dřeva není všude dostatek, a proto se k topení a vaření jídla využívá i sušený trus domácích zvířat. Je tedy patrné, že člověk využívá jak biomasu primární i odpadní.

S nástupem průmyslové revoluce a objevením fosilních paliv ustoupilo topení biomasou do pozadí. Změna nastala až v 70. letech dvacátého století, kdy se pod vlivem první energetické krize začala pozornost opět obracet směrem k obnovitelným zdrojům energie (dále jen OZE). **OZE** se rozumějí obnovitelné nefosilní zdroje energie, např. energie větru, sluneční energie, geotermální energie, energie mořských vln a přílivu, energie vody povrchových toků, využití biomasy a plynu ze skládek odpadů i z čistíren odpadních vod, využití odpadů aj.

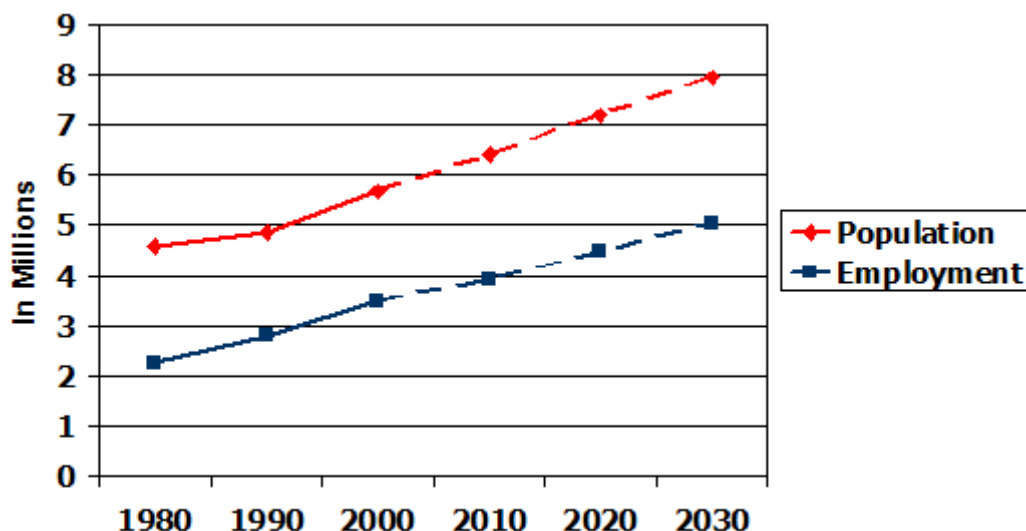
Celosvětově představuje využívání obnovitelných zdrojů energie, tedy solární, větrné, vodní a geotermální energie, velké možnosti. Ovšem v silně zalidněném území České republiky nelze s masovým využitím těchto zdrojů energie příliš počítat. Jako nejvhodnější z uvedených zdrojů alternativní energie v ČR se jeví **biomasa**.

Jednou z nezanedbatelných součástí biomasy jsou rostliny, které svými vlastnostmi jsou velmi vhodné pro energetické využívání. Možnosti využití rostlin při výrobě energie jsou velmi rozmanité. Nespornou výhodou je také to, že celý proces od pěstování až po výrobu energie lze realizovat v místě spotřeby, čímž se vytváří nová pracovní místa a zmenšuje se závislost ČR na dovážených fosilních palivech (ropa, zemní plyn) ze zahraničí.



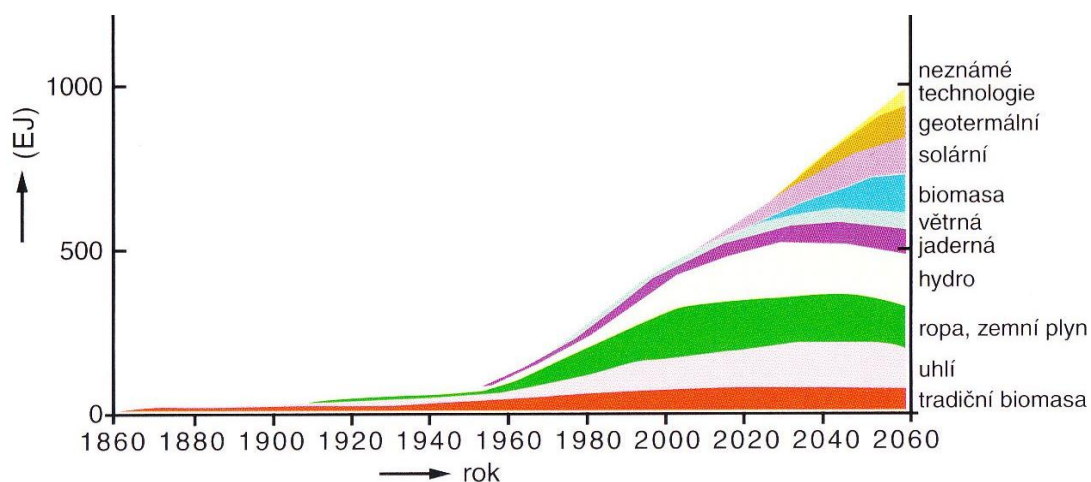
## 1. Potřeba energie

K dnešnímu dni žije na povrchu Země více než 6,3 miliardy obyvatel. Průměrný roční přírůstek činí 1,3%, což způsobuje navýšení o 1 miliardu obyvatel každých 12 let. Avšak až 79% světové populace žije v méně rozvinutých regionech (Asie, Afrika, Latinská Amerika..). Zlepšující se lékařská a sociální péče způsobuje prodlužování délky života a současně s tímto trendem dochází k migraci obyvatel do městských aglomerací, kde je vyšší spotřeba energie než na venkově. V současnosti žije více než 50% obyvatel v městských aglomeracích. Přírůstek v těchto regionech činí 1,6% ročně a současně polovina těchto obyvatel zatím nedosáhla hranice 15 let. [2]



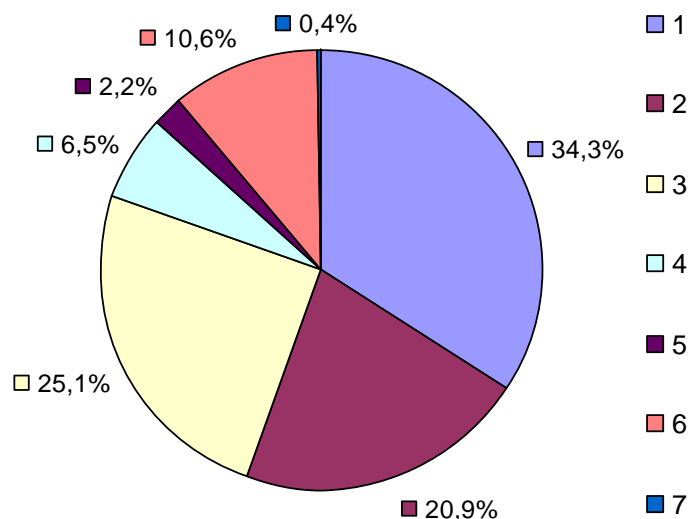
Obr. 1: Předpokládaný růst populace (červená - populace, modrá - zaměstnanost)

Energetická náročnost současné společnosti je v dnešní době velmi vysoká a nároky na dodávky energie budou v budoucnu dále stoupat, úměrně s potřebami lidstva. Spotřeba energie je značně nevyvážená, jelikož 5 miliard obyvatel (79% obyvatel Země) se zatím podílí na spotřebě energie jen z 35%. Logické je, že nastartovaný ekonomický růst v regionech, jako je například Čína s růstem HDP 6% ročně, bude mít za následek výrazné zvýšení potřeby energie. Dnes je průměrný roční vzrůst spotřeby elektrické energie na světě mezi **8 až 10%**. [2]



Obr 2: Vývoj a struktura spotřeby paliv a energie do roku 2060 (prognóza firmy Shell)

Je nesporně prokázáno, že ekonomický růst je doprovázen i růstem spotřeby primární energie a především elektrické energie. S rostoucí životní úrovní a s celkovým růstem ekonomiky, bude v budoucnu uspokojování vzrůstajících energetických potřeb přinášet nevratné zásahy do životního prostředí. Celková světová spotřeba energie v roce 2004 byla 11,059 Gtoe [5]. Ovšem do roku 2030 je očekáván nárůst spotřeby energie o 60% na cca 17,5 Gtoe ( $= 2 \cdot 10^8$  GWh) [3].



*Legenda: 1- ropa, 2- zemní plyn, 3- uhlí, 4- jaderná energie, 5- vodní energie, 6- spalitelné obnovitelné zdroje a odpady, 7- ostatní*

*Obr 3: Podíl jednotlivých primárních energetických zdrojů, (PEZ) na celosvětové produkci energie (2004)*

Jak je patrné z obr. {4}, největším problémem světové i domácí energetiky je vysoký podíl využití fosilních paliv (uhlí, ropa, zemní plyn) při výrobě energie. Z fosilních paliv pochází 80,3 % vyrobené energie, zatím co jen 19,7% tvoří ostatní zdroje (energie vody, jaderná energie, spalování biomasy a odpadů, fotovoltaika, energie větru, geotermální). [2]

Státy Evropské unie kladou důraz na rozvoj výroby energie z „čistých“ zdrojů. Podle nejnovějších směrnic [21] se EU zavázala do roku 2020 vyrábět 20% energie z obnovitelných zdrojů, podmínky jsou ale pro každý členský stát různé. Jednotlivé státy se ve využívání obnovitelné energie dosti liší. Nerovnoměrnost je logická a je způsobená především přírodními podmínkami, které se na daném území státu nabízejí. Například Švédsko i Rakousko jsou velmi hornaté státy s velkým spádem a vyrovnaným průtokem místních řek, které jsou využívány pro stavbu výkonných vodních elektráren. Finsko rovněž využívá energii vody ve větší míře. V České republice, která se nachází v pramenné oblasti velkých řek, je většina povodí hustě zalidněna a proto je budování velkých vodních děl s akumulací dnes již prakticky nerealizovatelná - jak ukazuje např. projekt plánované vodní nádrže Nové Heřmínovy. Zalidněnost a poloha státu značně ovlivňují i využití fotovoltaické, fototermické i větrné energie. Budování velkých fotovoltaických elektráren je z důvodů intenzity slunečního záření dopadajícího na zemi výhodné jen v jižních státech Evropy, kde výrazně větší intenzita slunečního svitu než v ČR. Využití větrných elektráren je značně závislé na síle a intenzitě větru v dané lokalitě. Vhodné jsou zejména návětrné svahy hřebenů kopců a hor, případně mořská pobřeží. Ani

podmínky pro využívání energie větru nejsou v ČR optimální, jak z hlediska doby trvání, tak intenzity. Rovněž pro pěstování biomasy jsou v jednotlivých státech různé podmínky i zkušenosti, a proto je využívání energie biomasy v zemích EU velmi rozdílné.

Nejvíce energie z OZE v rámci EU vyrábí Švédsko dále Lotyšsko, Finsko Rakousko. Státy s nejnižším využíváním obnovitelných zdrojů jsou tedy Benelux, Irsko a Británie, kde přírodní zdroje energie tvoří necelá 3% spotřeby energie.

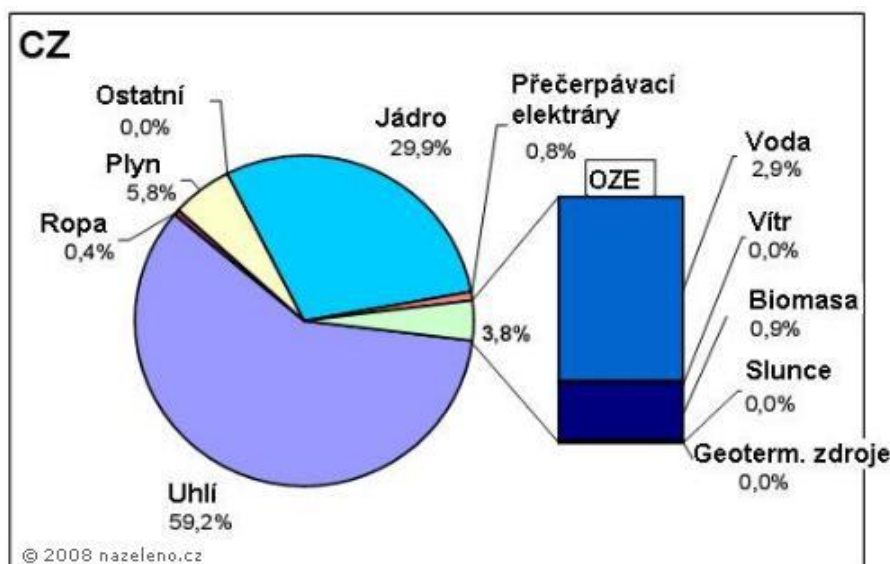
	Energie				Biomasa				OZE celkem
	vodní	geoter-mální	solární	větrná	dřevo		energ. kultury	odpady	
					komerční	nekomerční			
státy Severu	557,0	13,2	38,0	42,0	482	28,0	38	191	1 389
státy Jihu	321,0	6,8	162,0	18,0	498	645,0	32	313	1 996
svět celkem	878,0	20,0	200,0	60,0	980	673,0	70	504	3 385
podíl na světové bilanci					Biomasa celkem 65,8 %				
OZE (%)	25,9	0,6	5,9	1,8	29	19,9	2	15	100

Tab. 1: Současný přínos OZE a podíl jednotlivých zdrojů v Mtoe [1]

V další textu se zaměřím na získávání energie z ostatních OZE, bez využití energie vody.

EU bere v úvahu nerovnost v přírodních podmínkách jednotlivých členských států a jednotlivé členské státy také různě reagují na ustanovení určující výši podílu využívání OZE. Proto např. Švédsko si stanovilo vyšší podíl OZE na výrobě energie - 49% do roku 2010.

Česká republika v současné době vyrábí **6%** energie z OZE a do roku 2010 by se podíl měl zvýšit na **8%**. Pro splnění konečných závazků vůči EU bychom měli vyrábět do roku 2020 nejméně **13%** energie z OZE.[3]



Obr 4: ČEZ a výroba elektřiny v prvním pololetí 2008 (podíl jednotlivých zdrojů) [4]

Pro dodržení závazků k EU se jeví v podmínkách ČR, jako nejvhodnější řešení využít biomasy. Využití biomasy pro výrobu elektrické energie je často kritizováno pro její neefektivnost, protože odhadovaná účinnost, jen při výrobě elektrické energie spalováním biomasy, je 25 - 35%.[7] MŽP nyní požaduje, aby při modernizaci hnědouhelné elektrárny Pruněřov II byly použity technologie zvyšující budoucí účinnost na minimálně 42% (stávající projekt 38%) [22].

Další možností využívání biomasy pro výrobu energie je její spalování s fosilními palivy – s uhlím či lignitem. Tento způsob aplikace se začal využívat zejména poté, kdy byly výrazně zvýšeny výkupní ceny energie z takto provozovaných energetických zdrojů.

V České republice provozuje firma ČEZ elektrárny, v nichž je spalována biomasa spolu s hnědým uhlím (Hodonín, Poříčí i Tisová) a jednu teplárnu (Dvůr Králové).

Elektrárna	Výroba 2008 (MWh)	Výroba 2007 (MWh)	Meziroční nárůst (%)
Tisová	44 407	41 249	7,7
Poříčí	120 250	79 247	51,7
Dvůr Králové	13 021	12 732	2,3
Hodonín	149 231	115 966	28,7
Celkem v ČR	326 910	249 239	31,2

Tab. 2: Výroba v elektrárnách firmy ČEZ spalující biomasu s hnědým uhlím[7]

Největší podíl na vyrobené energii z biomasy má elektrárna **Hodonín**. Největší meziroční zvýšení výroby zaznamenala elektrárna **Poříčí**.



Obr 5: Elektrárna Hodonín 5

Skupina ČEZ neprovozuje elektrárny spalující biomasu jen na území ČR, ale také v Polsku. V Dolnoslezské elektrárně Elcho, se koncem května 2008 s pozitivním výsledkem testovala možnost spalování dřevěných pilin, briket a štěpek. Ve ¾ roku 2008 činila výroba z biomasy 17,224 GWh při spotřebě 15.378 t biomasy. Skawina, druhá polská elektrárna Skupiny ČEZ spalující biomasu, vyrobila od července do září 2008 17,055 GWh elektřiny a spálila přitom 20.178 tun biomasy. Skupina ČEZ využívá spalování biomasy a hnědého uhlí, tento způsob je podle řady studií nejjednodušší a nejkonomičtější. Výhodou je, že tento postup potlačuje nevhodné vlastnosti uhlí i biomasy. Nejedná se proto pouze o čistě ekologický způsob výroby elektřiny[8].

Biomasa má však zatím větší využití při výrobě tepla, než při výrobě elektrické energie. Zvýšení cen elektřiny a zemního plynu vede občany k návratu k topení dřevem nebo uhlím. Návrat k uhlí je obecně velmi nežádoucí, jelikož v malém uhelném kotli instalovaném v RD neprobíhá řízené spalování ani čištění spalin (odsiřování, odprašování), jak tomu bývá u velkých energetických celků.

## 2. Biomasa

Biomasa je definována jako hmota organického původu. Tento pojem zahrnuje souhrn látek tvořících těla všech živých organismů, jak rostlin, bakterií, sinic, řas, hub, lišejníků a mechorostů, tak i živočichů.

Biomasu využitelnou k energetickým účelům můžeme rozdělit do dvou základních skupin:

- Biomasa cíleně pěstovaná
- Biomasa odpadní

Každou z těchto skupin je možné ještě dále, podrobněji dělit podle zvolených kritérií, např. cíleně pěstovanou biomasu dále dělíme:

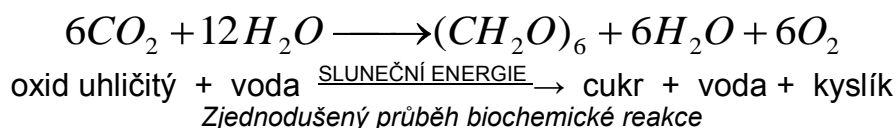
- Rychle rostoucí dřeviny (RRD)
- Energetické byliny

Do skupiny odpadní biomasy se obvykle řadí:

- Komunální organické odpady
- Odpady z živočišné výroby
- Organické odpady z průmyslových a potravinářských výrob
- Lesní odpady (dendromasa )
- Rostlinné odpady
- Odpady z těžby a dalšího zpracování dřeva

Důležitým argumentem pro využití odpadní biomasy je možnost získání lokálního energetického zdroje nezávislého na cenách za primární paliva od dodavatelů a na celostátní rozvodné energetické síti.

Vznik každé fytohmoty (biomasy rostlinného původu) je podmíněn průběhem biochemické reakce. Tato reakce zabezpečuje vratný oběh biogenních prvků v přírodě. Reakce transformuje energii slunečního záření na energii chemickou, ta je energetickým zdrojem pro všechny biochemické procesy. Nejdůležitější je v tomto procesu fotosyntéza a fotochemická reakce.



Za působení slunečního záření vzniká, při fotosyntéze z oxidu uhličitého, vody, enzymů a chlorofylu, veliké množství organických látek. Při fotochemické reakci vznikají z oxidu uhličitého cukry a z vody se oxiduje molekulový kyslík. Tato chemická reakce je svým významem a rozsahem nejdůležitější a nejrozšířenější zdroj chemické energie a kyslíku na světě. [1]

Zvyšující se koncentrace oxidu uhličitého a metanu (CH<sub>4</sub>) v zemské atmosféře je pravděpodobně jedním z hlavních faktorů zapříčiňujících současné globální změny klimatu. Důsledkem toho vzrostl význam obnovitelných zdrojů energie i celosvětové prohloubení ekologického citění. Proto mezinárodní organizace i jednotlivé státy realizují rozsáhlé programy energetického využití biomasy od podpory pěstování „energetický trav“, přes energetické využití dřevních odpadů až po pěstování „energetických lesů“.

Pro využití biomasy jsou v současnosti využívány tyto technologie:

- Termochemické přeměny biomasy (suché procesy)
  - Spalování
  - Zplyňování
  - Pyrolýza
- Biochemické přeměny biomasy (mokrý procesy)
  - Alkoholové kvašení
  - Etanolové kvašení
- Fyzikálně chemické přeměny biomasy
  - Mechanicky
  - Chemicky
- Využitím tepla vzniklého při zpracování biomasy – např. kompostováním

Energie z biomasy je v podmínkách ČR rozhodujícím segmentem obnovitelných energií. S ohledem na nové cílové hodnoty v energetickém využití biomasy, a to především při výrobě elektrického proudu a motorových biopaliv bude nutné iniciovat výzkum a vývoj v nových technologiích. Některé tyto technologie jsou již řešeny jako výzkumné projekty



## 2.1. Biomasa cíleně pěstovaná

V Evropě se dlouhodobě projevuje přebytek potravinářské produkce. To staví i české zemědělce před těžko řešitelné otázky. Zemědělstí podnikatelé dnes v ČR hospodaří na přibližně **4 264 tis. ha zemědělské půdy**. Na jednoho obyvatele republiky připadá 0,42 ha zemědělské půdy, z toho 0,30 ha půdy orné, což je přibližně evropský průměr. Více než třetinu půdního fondu ČR tvoří lesní pozemky. Od roku 1995 ubylo 15 tis. ha zemědělské půdy, oproti tomu výměra lesní půdy vzrostla o 16 tis. ha.[1]

Spotřebu potravin pro obyvatele ČR jsme schopni pokrýt produkcí na 2 700 tis. ha.[1] V podmínkách, které nejsou vhodné k intenzivní a trvalé zemědělské produkci (marginální oblasti) se nachází cca 1 mil. ha. Do jiných kategorií půdy bude postupně převedeno 80 tis. ha (stavební parcely, lesní fond ČR, ostatní – komunikace atd.). Zůstává oblast dalších 500 tis. ha vhodná pro intenzivní zemědělskou výrobu.[1]

	tis. ha	%
Výměra zemědělské půdy	4280	100
Převod do jiných kategorií	80	2
Výměra marginálních oblastí	1000	23
Půda s produkcí potravin pro spotřebu v ČR	2700	63
„nadbytečná“ zemědělská půda	500	12

Tab. 3: Předpokládaná struktura zemědělské půdy [1]

Jedním z perspektivních způsobů využití nadbytečné zemědělské půdy je orientace produkce na pěstování energetických a průmyslových plodin. Velkou výhodou je fakt, že využívání biomasy přispívá k rozvoji zemědělských oblastí hlavně lepším využitím pracovní síly a mechanizace a posílením místní ekonomiky – peníze za energii zůstávají v regionu, přicházejí investice do nových technologií. Podpora regionální ekonomiky je v dnešní době velmi důležitá. Klesá tedy bezprostřední závislost na tržní situaci a dodávkách paliv z jiných států.

Vhodný druh energetické plodiny je určen mnoha faktory: **druhem půd**, způsobem **využití a účelem**, možnostmi sklizně a dopravy, druhovou skladbou v okolí atp. Předem se musí porovnat náklady na pěstování a na výrobu (spotřebu energie) a výnosy (zisk) energie. Pro tyto účely lze vytipovat určité množství plodin, od jednoletých až po víceleté:

Plodina/Termín sklizně	Výhřevnost (MJ/kg)	Vlhkost (%)	Výnosy (t/ha) min. prům. opt.		
Sláma obilovin (VII-X)	14	15	3	4	5
Sláma řepka (VII)	13,5	17-18	4	5	6
Energetická fitomasa - orná půda (X-XI)	14,5	18	15	20	25
Rychlerostoucí dřeviny - zem. půda (XII-II)	12	25-30	8	10	12
Energetické seno - zem.půda (VI,IX)	12	15	2	5	8
Energetické seno - horské louky (VI,IX)	12	15	2	3	4
Rychlerostoucí dřeviny - antropogenní půda (XII-II)	12	25-30	8	10	12
Jednoleté rostliny - antropogenní půda (X-XI)	14,5	18	15	17,5	20
Energetické rostliny - antropogenní půda (X-XII)	15	18	15	20	25

Tab. 4: Orientační klíčová čísla pro výhřevnost, výnosy, dobu sklizně a sklizňovou vlhkost energetické fyto-masy. Zdroj: VÚRV

Druhů rostlin potenciálně vhodných pro energetické účely je nespočetně, ale ne všechny jsou již dnes odzkoušeny natolik, aby mohla být pro jejich pěstování zpracována závazná agrotechnika. To bude možné po odzkoušení pěstování jednotlivých rostlin v provozních podmínkách. Pěstování a sklizeň z pokusných parcel se totiž může značně lišit od výnosů získaných v provozu. Tento fakt způsobuje především pečlivé ošetřování a sklizení pokusných porostů, které tak bývá zcela bezztrátové. Oproti tomu v provozních podmínkách se ne vždy podaří zajistit pěstitelské zásahy včas a kvalitně (výsadba, ochrana proti škůdcům). Provozní podmínky sklizně mohou mít značné ztráty oproti sklizni z pokusných parcel, která je povětšinou prováděna ručně.

Za energeticky vhodné rostliny se považují takové, jejichž produkce suché biomasy činí minimálně 12 t/ha, z hlediska ekonomického je však nutné, aby produkce suché biomasy těchto rostlin činila alespoň 15 tun z ha. [16]

V našich půdně-klimatických podmínkách se v posledních 20 letech ověřuje produkce biomasy z řady jednoletých a víceletých rostlin. Za toto období jsou k dispozici výsledky exaktních polních pokusů na několika výzkumných stanovištích. U sledovaných energetických rostlin je již v současné době dostatečně propracována i pěstební technologie. [16]

V polních pokusech VÚRV, v.v.i. Praha – Ruzyně se na několika stanovištích v ČR se sledovaly především tyto druhy rostlin: konopí seté, čirok zrnový, čirok Hyso a Súdánská tráva.

Z výnosových výsledků (viz. tab. 6) jednoznačně vyplývá, že nejvyšší výnosy suché biomasy se dosáhly u čiroku zrnového, a to 13 t/ha. U čiroku Hysa a súdánské trávy se výnosy biomasy na jaře pohybovaly pod požadovanou minimální produkcí. Z výsledků je zřejmé, že uspokojivé výnosy rostlinné biomasy těchto jednoletých rostlin byly dosaženy jen v našich teplejších oblastech (Troubsko u Brna). Ostatní sledované energetické rostliny na dalších sledovaných stanovištích neprokázaly potřebnou produkci biomasy. [16]

Energetická rostlina	Termín sklizně	Stanoviště			
		Ruzyně	Lukavec	Chomutov	Troubsko
Konopí seté	Podzim	11,5	7,95	-	-
	Jaro	7,94	4,77	-	-
Čirok zrnový	Podzim	12,36	8,48	14,65	31,24
	Jaro	7,42	5,04	8,79	13,13
Čirok "Hyso"	Podzim	11,93	8,3	14,71	27,17
	Jaro	7,16	4,98	8,83	11,4
Súdánská tráva	Podzim	9,39	-	13,93	26,66
	Jaro	5,63	-	8,36	11,76

Tab. 5: Průměrné výnosy suché biomasy (t/ha) některých jednoletých rostlin při různých termínech sklizně na odlišných stanovištích při dávce 60 kg/ha N

Celkové náklady na 1 tunu suché biomasy čiroku zrnového jsou relativně vysoké a pohybují se při výnosu 11 t/ha kolem 1400 Kč. Čiroky navíc mají i v pozdějších termínech sklizně vysoký obsah vody. Pokud se budou skladovat nebo přímo spalovat, je nutné dosoušení. Pro vysoký obsah vody v rostlinách během celé doby vegetace jsou čiroky vhodnější pro výrobu bioplynu. Zatím však chybí praktické poznatky s velkovýrobním pěstováním, sklizením a zpracováním čiroku na fytopalivo. Proto v současné době nelze s produkcí tohoto fytopaliva běžně počítat. [16]



Energetická rostlina	Hnojení N (kg/ha)	Stanoviště		
		Ruzyně	Lukavec	Troubsko
Lesknice rákosovitá	60	6,33	7,10	8,13
Ozdobnice čínská	50	14,64	10,12	16,10
Křídlatka česká	0	10,01	8,47	-

Tab. 6: Průměrné výnosy suché biomasy některých vytrvalých energetických rostlin při sklizni na jaře (sledované období 1996–2002)

Nejvyšší výnosy suché biomasy na všech sledovaných stanovištích poskytuje ozdobnice čínská. Dobré výnosy suché biomasy na teplejších stanovištích dala i křídlatka česká a to i bez hnojení dusíkem. Z výsledků výzkumu poslední doby je velmi perspektivní vytrvalou rostlinou energetický šťovík, který poskytuje výnosy suché biomasy do průměru kolem 8 t/ha. Je nenáročný na půdu, má menší nároky na vodu, je velmi odolný vůči vymrzání, poskytuje rovnoměrné výnosy biomasy a při sklizni koncem července má jeho biomasa, jako málokteré rostliny uvažované na spalování, nízký obsah vody (pod 20 %). [16]

Seznam energetických bylin pro dotace MZe v r. 2005, 2006	
Jednoleté až dvouleté:	
laskavec	Amaranthus
konopí seté	Cannabis sativa
světlíce barvířská - saflor	Carthamus tinctorius
sléz přeslenitý (krmný)	Malva verticillata
komonice bílá (jednoletá a dvouletá)	Melilotus alba
pupalka dvouletá	Oenothera biennis
hořčice sareptská	Brasica juncea
Víceleté a vytrvalé (dvouděložné)	
mužák prorostlý	Silphium perfoliatum
jestřabina východní	Galega orientalis
topinambur	Helianthus tuberosus
čičorka pestrá	Coronilla varia
šťovík krmný	Rumex tianshanicus x Rumex patientia
sléz vytrvalý	Kitaibelia
oman pravý	Inula helenium
bělotn kulatohlavý	Echinops sphaerocephalus
Energetické trávy	
sveřep bezbranný	Bromus inermis
sveřep horský (samužníkovitý)	Bromus cartharticus
psineček veliký	Agrostis gigantea
lesknice (chrastice) rákosovitá	Phalaris arundinacea
ovsík vyvýšený	Arrhenatherum elatius
ozdobnice čínská (sloní tráva)	Miscanthus sinensis
košťava rákosovitá	Festuca arundinacea

Tab. 7: Seznam energetických bylin pro dotace MZe

Od 70. let minulého století se v západní Evropě pokusně ověřovalo více než 25 druhů dřevin pro produkci dřevní biomasy. Pro podmínky České republiky se jeví jako nejvýhodnější vrby a topoly. MŽP byl vytvořen seznam [17] doporučených klonů, který obsahuje bohatý sortiment cca 45 klonů vrb a topolů, které je možno pěstovat i u nás.

Pro zakládání plantáží rychle rostoucích dřevin (dále jen RRD) lze využít ekonomicky nerentabilní půdy pro zemědělské plodiny. Rovněž nelze opomenout i důležitou funkci plantáží RRD pro zkvalitnění prostředí (problémové lokality) na rekultivovaných plochách, resp. plochách nevhodných pro pěstování potravinářských plodin z důvodů znečištění půdy a vody apod. Takto rekultivované plochy mají i další pozitivní vliv - přispívají k ochraně přírody (větší biodiversita), poskytují úkryt a potravu pro drobnou zvěř, hnízdiště ptactva aj. [16]

## 2.2. Biomasa odpadní

Významnou část z celkového potenciálu biomasy, použitelné jako alternativní obnovitelný zdroj energie, tvoří odpadní biomasa. V současné době je pro každý průmyslový nebo zemědělský podnik vyprodukovaný odpad ztrátou, která by měla být minimalizována. Energie odpadů byla v minulosti značně nevyužita.

Odpadní biomasu můžeme rozdělit podle druhů do několika skupin:

- **Rostlinné odpady:** ze zemědělské prvovýroby a rostlinné výroby, odpady z údržby krajiny, zbytky z lučních a pastevních areálů, zbytky po likvidaci křovin, odpady ze sadů a vinic, odpady z údržby zeleně a travnatých ploch, odpady z čištění semen a obilí
- **Odpady ze zpracování dřeva:** odřezky, hobliny, piliny, kůra
- **Odpady z živočišné výroby:** exkrementy z chovů hospodářských zvířat, zbytky krmiv, odpady mléčnic a odpady přidružených zpracovatelských provozů.
- **Organické odpady z průmyslových a potravinářských výrob:** odpady z provozů na zpracování a skladování rostlinné produkce (lihovary, cukrovary), odpady z jatek, mlékáren.
- **Lesní odpady (dendromasa):** kůra, větve, pařezy, kořeny, dřevní hmota z lesních probírek, palivové dřevo, klest.
- **Komunální organické odpady:** kaly z čistíren odpadních vod, organický podíl tuhých komunálních odpadů, odpadní organické zbytky z údržby zeleně a travnatých ploch, stravovací zařízení

Z uvedeného výčtu však nejsou všechny druhy vhodné pro spalování – viz tab. 9

### 3. Možnosti využití biomasy

Současný postoj EU, nárůst množství odpadů a stále rostoucí tlaky na využívání biomasy je logickou odpovědí na zvyšování emisí. Lidská společnost produkcí CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> a dalších škodlivin, způsobuje skleníkový efekt a globální oteplování zemského klimatu. Nežádoucí emise škodlivin jsou způsobeny především spalováním fosilních paliv. Fosilní paliva jsou paliva vzniklá v dávné minulosti, která jsou v současnosti využívána. Při spalování fosilních paliv, vznikají odlišné emise než emise produkované při spalování biomasy. Zejména je však porušována bilance plynů v atmosféře.

Palivo	Rozmezí	Výhřevnost	Podíl prchavé hořlaviny	Obsah popelovin	Vlhkost	Elementární složení				
						C	H	O	N	S
		(MJ·kg <sup>-1</sup> )	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Biomasa										
obilná sláma	min.	15	70	3,5	12	43,9	5,4	38	0,3	0,05
	max.	17,5	82	6,5	25	48	6,4	43,3	0,7	0,2
obiloviny	min.	15,5	76	3	12	45	6	39,5	1	0,09
sláma+zrno	max.	18,5	79	5,6	25	46,6	6,9	42,6	1,8	0,2
Miscantus	min.	15	74	2,5	12	45	5,5	36	0,5	0,05
sloní tráva	max.	17,6	79	8	40	49	6,4	41,3	1,7	0,3
seno	min.	13,5	70	4,2	15	45	6	38,8	0,8	0,08
	max.	17,7	75	5,8	25	48,6	6,6	44,3	1,1	1,12
dřevo	min.	16,9	70	0,2	10	45	5,3	41,4	0,1	0,02
	max.	19	85	3	60	52	6,5	46	1,7	0,3
Fosilní										
hnědé uhlí	min.	14	20	3	10	27,5	2,5	12	0,3	0,5
	max.	23	55	33	30	64	5,8	33	1,5	6
černé uhlí	min.	27	10	3,7	10	65	2,8	5	0,9	0,5
	max.	32,5	40	17	30	84	5	9,1	2	1,5
koks	min.	30	4	3	5	64	1	1	0,1	0,1
	max.	32,5	13	15	15	90	2	2	0,5	0,5
řepkový olej	min.	35	100	0	do 0,5	77	12	11	0,1	0
etanol		27	100	0	do 2	52	13	25	0	0
LTO		42,7	100	do 0,5	do 0,5	86	13	0,25	0,25	0,3
zemní plyn	max.	32	100	0	do 0,5	19	80		0,2	0

Tab. 8: Základní složení fosilních paliv a biopaliv [1]

V biomase je ukryt velký energetický potenciál, pro správnou volbu způsobu jejího využití je důležité zhodnocení technologie jejího zpracování. Rostlinná biomasa je tvořena řadou organických sloučenin, jako zdroj energie mají největší význam celulóza, lignin, škrob, pryskyřice a oleje. Biomasu lze z hlediska způsobu využití rozdělit do třech základních skupin: [13]

- **Biomasa suchá** (s vlhkostí do 50%): Vzhledem k výraznému vlivu vlhkosti na výhřevnost je nevyhnutelné biomasu před spalováním vysušit. Všeobecně se doporučuje snížit vlhkost pod 30%. Za optimální se považuje vlhkost do 20%. Tu lze ještě dosáhnout běžným sušením pod přístřeškem. Pro některé účely (například lisování briket nebo pelet) se musí materiál vysušit na podstatně nižší obsah vody, k tomu již nestačí běžné sušení na vzduchu a je nutné použít sušení

při zvýšené teplotě. Během spalování biomasy vznikají stejné základní látky jako při spalování jiných organických paliv. Jsou to především  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}$ . V závislosti na podmínkách spalovacího procesu a obsahu sloučenin v biomase vzniká množství dalších látek, které jsou nežádoucí. Produkce emisí jsou zavázané právními předpisy, kterých je relativně velký počet.[13]

- **Biomasa vlhká** (mokrý, s vlhkostí nad 50%), je zpravidla využívána k výrobě bioplynu. Proces anaerobní fermentace vlhkých organických materiálů s jímáním bioplynu a jeho následného energetického využití, může významně přispět k omezení plyných emisí z organických odpadů i cíleně pěstovaných rostlin.[13]

Druh biomasy	Ostatní procesy		Suché procesy			Mokré procesy		
	esterifikace bioolejů	získávání odpadního technologického tepla	spalování	zplyňování	alkoholová fermentace	alkoholová fermentace	aerobní fermentace	anaerobní fermentace
energetické plodiny lignocelulózové (dřevo, sláma, píce, obiloviny)	0	1	3	1	1	1	2	2
olejnaté plodiny (řepka, slunečnice, len)	3	0	2	0	0	0	0	2
energetické plodiny škrobnaté nebo cukernaté (brambory, cukrová řepa, obiloviny)	0	0	1	1	1	3	0	1
odpady z živočišné výroby (exkrementy, mléčné odpady)	0	2	1	1	1	0	2	3
organický podíl komunálních odpadů	0	1	3	2	2	0	1	3
organický odpad z potravinářské nebo jiné průmyslové výroby	0	1	1	0	0	2	2	3
odpady z dřevařských provozoven	0	0	3	2	2	0	0	0
odpady z lesního hospodářství	0	1	3	2	2	0	1	2
rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a z péče o krajinu	0	1	3	1	1	0	1	2
získané produkty	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII

Legenda: aplikace technologie v praxi [1]

0 – nelze použít nebo se v praxi nepoužívá; 1 – technicky zvládnutá technologie, ale v praxi se nepoužívá; 2 – vhodné jen pro určité technicko-ekonomické podmínky; 3 – často používaná technologie

I – olej, metylester; II, III a VII – teplo vázané na nosič; IV – hořlavý plyn (metan) ;

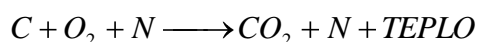
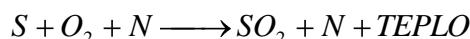
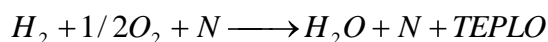
V – pevné palivo, dehtový olej, plyn; VI – etanol, metylalkohol; VIII – metan

Tab. 9: Vhodnost aplikace různých způsobů konverze biomasy k energetickým účelům

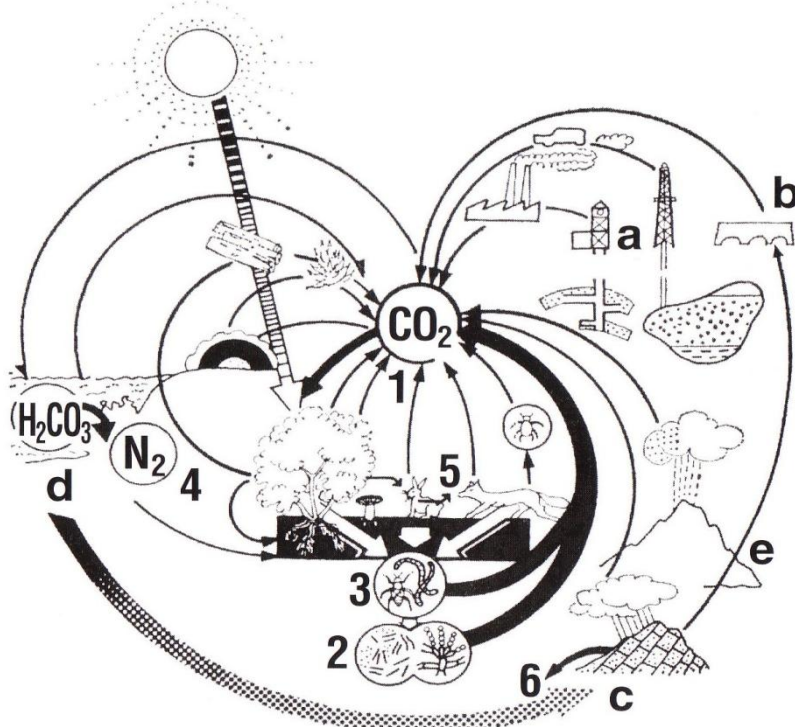
### 3.1. Spalování biopaliv

V roce 2003 se biomasa podílela 10,6 % na světových primárních zdrojích energie, což je 79,9 % ze všech obnovitelných zdrojů. Na tomto podílu se však podílí převážně tradiční a méně efektivní způsoby využití přímého spalování, které jsou využívány v chudých oblastech Afriky, Jižní Ameriky a Asie, kde je biomasa často hlavním nebo jediným zdrojem energie. [24]

Spalování biopaliv je chemický pochod, při kterém se slučují hořlavé prvky obsažené v hořlavině s kyslíkem. Tento proces je značně exotermní. Ve skutečném ohništi však probíhá spalování za přítomnosti vzduchu, jenž obsahuje kromě kyslíku také dusík ( $O_2$  20,95 obj.%,  $N_2$  78,09 obj.%). Spalovací reakce hořlavých prvků se vzduchem



Biomasa je z hlediska produkce  $CO_2$  neutrální palivo – během procesu spalování biomasy se do ovzduší uvolní jen takové množství  $CO_2$ , jaké bylo fotosyntézou do rostliny akumulováno během jejího růstu. Spalování biomasy má tedy „nulovou bilanci  $CO_2$ “ [1].



*Legenda: a – energetika, doprava a průmysl, b – výroba vápna termickým rozkladem vápence (produkce  $CO_2$ ), c – rozpouštění vápence přírodní cestou (splavování do moře), d – korálové útesy (vznik vápence), e – sopečná činnost (produkce  $CO_2$ ); 1- dýchání, 2- rozklad, 3 - mineralizace, 4 - bílkoviny, 5 - humus, 6 – rozpouštění*

Obr. 6: Koloběh uhlíku [1]

Dusík N, který se reakcí neúčastní, přechází jako balastní složka do odpadních kouřových plynů nebo se slučuje s kyslíkem na škodlivé složky NO a  $NO_2$ . Kouřové plyny jsou tedy směs vzdušného dusíku a produktů spalování hořlaviny, tj.

CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, NO, N, vodní páry vzniklé z vlhkosti paliva a z vlhkosti vzduchu, popř. dalších složek, většinou ve velmi malém nebo stopovém množství.[1]

Jmenovitý tepelný výkon (MW)	Emisní limity v (mg/m <sup>3</sup> vztaženo na normální stavové podmínky a suchý plyn) pro					referenční obsah kyslíku (% O <sub>2</sub> )
	tuhé znečišťující látky	oxid siřičitý	oxidy dusíku jako NO <sub>2</sub>	oxid uhelnatý	organické látky jako suma uhlíku	
0,2 - 50 MW (jmenovitý tepelný příkon)	250	2500	650	650	50 <sup>1)</sup>	11

<sup>1)</sup> Emisní limit platí pro tepelný výkon nad 1 MW

Tab. 10: Spalovací zařízení spalující dřevo nebo biomasu [1]

Podle Nařízení vlády č. 145/2007 Sb., o emisních limitech a dalších podmínkách provozování spalovacích stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší (novela NV č. 352/2000 Sb.), musí každý malý zdroj spalovat palivo alespoň s limitní účinností spalování, nebo vyšší. Limity účinnosti spalování tohoto nařízení jsou:

Jmenovitý tepelný výkon (kW)	Datum uvedení spotřebiče do provozu		
	do 31.12.1982	do 31.12.1985	do 1.1.1990
11 až 25	68%	69%	70%
25 až 50	70%	71%	72%
větší než 50	72%	73%	74%

Tab. 11: Platné limitní účinnosti pro spotřebiče spalující tuhá paliva pro uvedené rozsah výkonů [1]

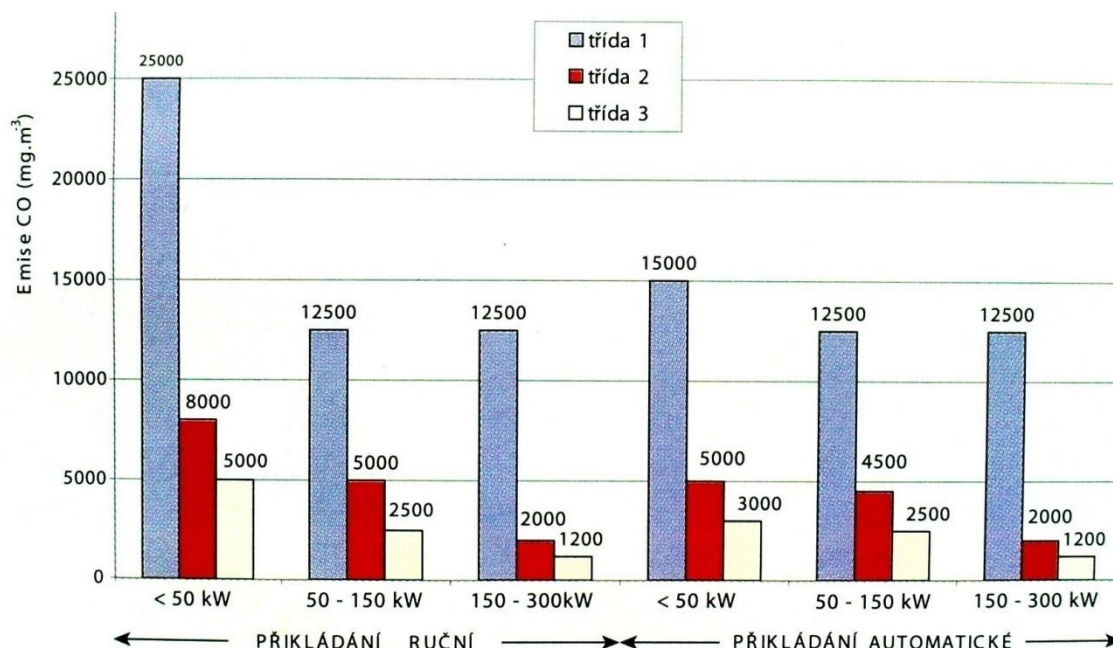
Proces spalování biomasy je ovlivněn mnoha faktory, tyto faktory značně ovlivňují vzniklé emise. Zásadní význam pro spalování biopaliv mají zejména níže uvedené údaje:

- Vysoký podíl uvolněné prchavé hořlaviny při teplotách nad 200°C - až 80%hm. sušiny paliva
- Relativně dlouhá doba prohořívání spalitelných plynů - 0,5 s až několik sekund, během níž nesmí být plamen nikde a ničím ochlazován – tvorba sazí
- Vyšší spotřeba spalovacího vzduchu, než je teoretická – s ohledem na jeho obtížné promíchávání se spalnými plyny;  $\lambda = 1,5$  až 2
- Teplota měknutí, tečení a tavení dřevního popela a popele z biomasy – 860 až 1100°C
- Nízká hustota většiny fytopaliv, zejména slámy, dřevní štěpky, piliny, s výjimkou briket a pelet
- Určitý podíl popílku s obsahem těžkých kovů, vyžadující speciální nákladné filtry, zejména u topenišť vyšších výkonů
- Biomasa s vyšším obsahem Cl vyžadují uskutečnění zvláštních opatření u parních kotlů – teplota přehříváků vyšší než 550°C
- Obsah vody při spalování musí být nulový. Volná voda musí být odpařena buď mimo topeniště, nebo v něm, k čemuž dochází prakticky vždy, a to i u briket a pelet, které mají často méně než 10% vody. Teprve po odpaření vody začne teplota stoupat nad 200°C, kdy se začínají uvolňovat těkavé, snadno hořící látky.



- Teplo a hoření nesmí klesnout pod 600°C, jinak těkavé látky neprohořívají a vytváří se dým. Optimální teplota spalování biopaliv je kolem 900°C, neměla by však překročit 1200°C s ohledem na tvorbu NO<sub>x</sub>.
- Do hořících plynů musí být zaveden pokud možno horký sekundární vzduch, jinak neprohoří vzniklý CO, který na chladných místech vylučuje uhlík ve formě sazí a mění se na CO<sub>2</sub>. Poměr primárního vzduchu, který určuje spolu s palivem výkon topeniště, k sekundárnímu, který určuje kvalitu hoření a obsah škodlivých emisí, bývá 1:1.

Kotle na tuhá paliva se rozdělují dle ČSN EN 303-5 do 3 tříd podle jejich účinností a množství škodlivin ve spalínách.



Obr. 7: Povolené emisní hodnoty CO kotlů na biomasu při 10% O<sub>2</sub> dle ČSN EN 303-5 pro výkon kotlů < 50kW, 50 až 150 kW a 150 až 300kW [1]

Pro vytápění RD jsou vhodné zejména kotle spalující: pelety, brikety a kusové dříví. Tato paliva lze dělit podle mnoha kritérií.



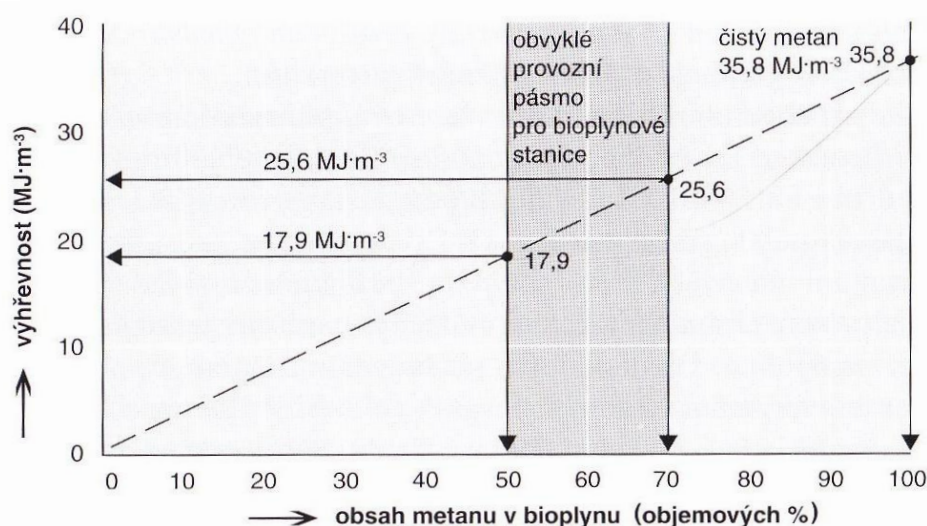
Obr. 8: KTP 20 Teplovodní kotel na kusové dřevo



Obr. 9: BENEKOV PELLING 27 automatický teplovodní kotel na dřevěné pelety a obilí [14]

### 3.2. Bioplyn

Zavádění nízko potenciálních energetických zdrojů, mezi něž patří anaerobní fermentace vlhkých organických materiálů s jímáním bioplynu, může významně přispět k omezení plyných emisí z organických odpadů všeho druhu a jejich využití k energetickým účelům. Význam této technologie je ve zpracování odpadů a vedlejších produktů, výslednými produkty jsou biologicky stabilizovaný substrát s vysokým hnojivým účinkem a bioplyn (BP) s obsahem 55–70 % metanu a výhřevností cca 18 – 26 MJ.m<sup>-3</sup>.



Obr. 10: Výhřevnost bioplynu v závislosti na obsahu metanu [1]

Při zpracování materiálů, které jeho „původce“ charakterizoval jako odpad, je třeba dodržovat legislativní ustanovení zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů a všech prováděcích vyhlášek MŽP k tomuto zákonu vydaných a jejich inovací.[1]

V některých zemích EU je uplatňováno opatření, podle něhož je třeba postupně omezit, v krajním případě zcela vyloučit, skládkování organických odpadů. Je třeba počítat s tím, že se během několika málo roků prosadí tento trend i u nás.

Existují tři hlavní důvody pro využití anaerobní fermentace organických materiálů pocházejících ze zemědělství, lesnictví, komunálního hospodářství a venkovském krajině:

- Produkce kvalitních organických hnojiv
- Získání doplňkového zdroje energie
- Zlepšení pracovního a životního prostředí

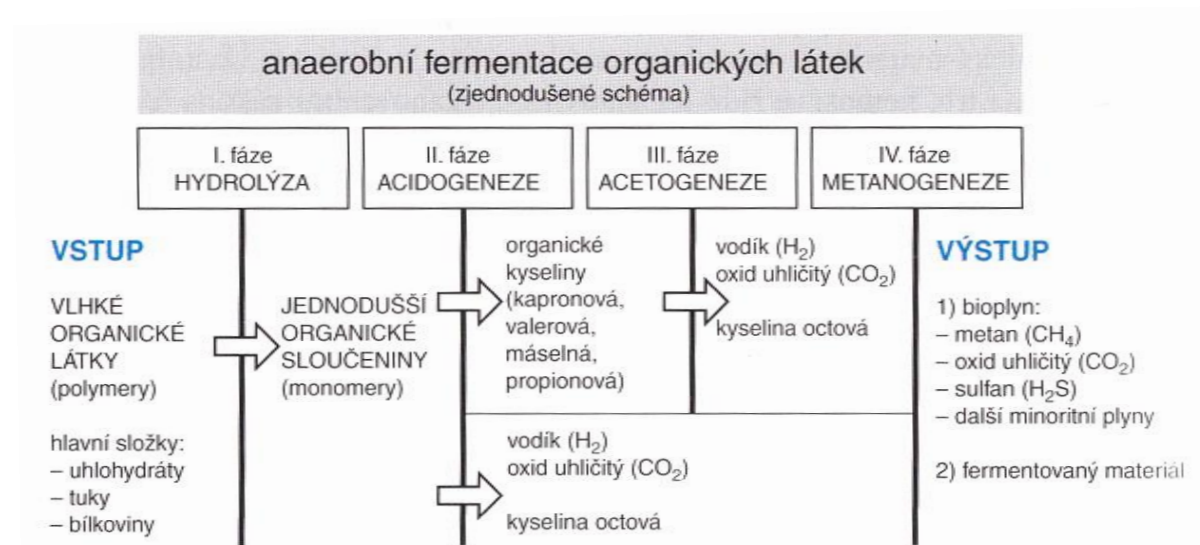
Charakteristika	Metan CH <sub>4</sub>	Oxid uhličitý CO <sub>2</sub>	Vodík H <sub>2</sub>	Sirovodík H <sub>2</sub> S	Bioplyn CH <sub>4</sub> 60 %, CO <sub>2</sub> 40 %
objemový podíl [%]	55-70	27-47	1	3	100
výhřevnost [MJ.m <sup>-3</sup> ]	35,8	-	10,8	22,8	21,5
zápalná teplota [°C]	650-750	-	585	-	650-750
hustota [kg.m <sup>-3</sup> ]	0,72	1,98	0,09	1,54	1,2

Tab. 12: Chemické složení a vlastnosti bioplynu [20]



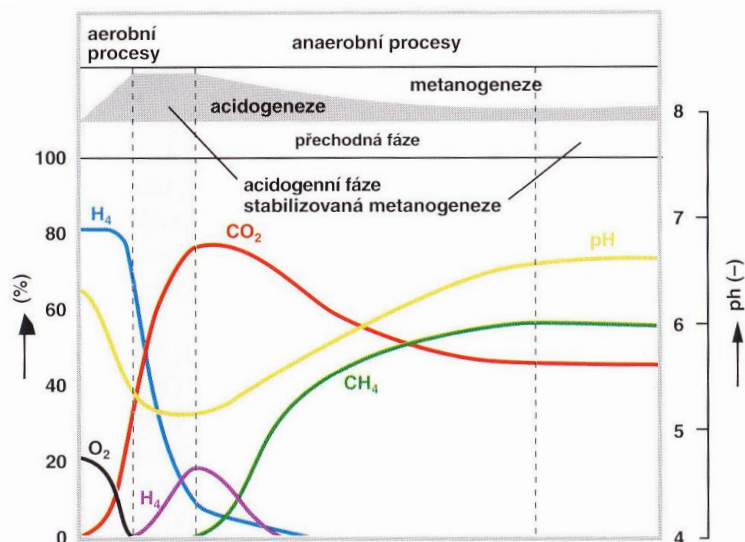
Definici anaerobní digesce bychom mohli nalézt jistě mnoho, protože se jedná o velmi složitý biochemický proces, který se skládá z mnoha dílčích, na sebe navazujících fyzikálních, fyzikálně-chemických a biologických procesů. Pro zjednodušení vysvětlení celého procesu ho většina autorů rozděluje do čtyř základních fází:

- hydrolyza – dochází k přeměně polymolekulárních organických látek na nižší monomery
- acidogeneze – přeměna jednoduchých organických sloučenin na mastné kyseliny působením acidogenních bakterií
- acetogeneze – hlavním produktem je kyselina octová
- metanogeneze – působením metanogenních bakterií se tvoří metan a oxid uhličitý



Obr. 11: Schéma anaerobní fermentace [1]

Jednotlivé fáze anaerobní digesce probíhají s odlišnou kinetickou rychlostí. Metanogenní fáze probíhá přibližně pětikrát pomaleji než předcházející tři fáze. Ve většině BPS však probíhají všechny čtyři fáze simultánně. Při dosažení stadia tzv. stabilizované metanogeneze jde vlastně o dlouhodobě udržovanou rovnováhu mezi navazujícími procesy, hlavně pak mezi procesy acidogenními a metanogenními.



Obr. 12: Schéma změn složení bioplynu při náběhu anaerobního fermentačního procesu [1]

Anaerobní rozklad organických látek je ovlivňován celou řadou faktorů, které mění životní prostředí mikroorganismů a mají zásadní vliv na průběh celého procesu. Jedná se zejména o tyto faktory:

- vlhkost prostředí – metanové bakterie mohou pracovat a množit se pouze ve vlhkém prostředí (vlhkost minimálně 50 %)
- anaerobní prostředí – metanové bakterie jsou striktně anaerobní (kyslík je pro ně prudký jed)
- přítomnost světla – světlo bakterie neničí, ale brzdí jejich množení
- teplota prostředí – tvorba metanu probíhá v širokém rozmezí teplot (4 - 90 °C). Pro udržení stability procesu je rovněž nutné zajistit konstantní teplotu
- hodnota pH – optimální pH pro růst metanogenních mikroorganismů je 6,5 - 7,5
- přísun živin – metanové bakterie potřebují pro svou buněčnou stavbu rozpustné dusíkaté sloučeniny, minerální látky a stopové prvky
- velké kontaktní plochy – organické látka nerozpustné ve vodě musejí být rozdrobeny tak, aby vznikaly velké dotykové plochy
- přítomnost toxických a inhibujících látek – za toxické nebo inhibující látky pokládáme látky, které nepříznivě ovlivňují biologický proces. Nejčastěji se setkáváme s inhibičním působením mastných kyselin a amoniaku.
- zatížení vyhnívacího prostoru – udává, jaké maximální množství organické sušiny na m<sup>3</sup> a den může být dodáváno do fermentoru, aby nedošlo k jeho přetížení
- rovnoměrný přísun substrátu – aby nedošlo k nadměrnému zatížení fermentoru, je třeba zajistit rovnoměrný přísun substrátu
- odplynování substrátu – není-li plyn z vyhnívací nádrže odváděn, může v nádrži dojít k velkému nárůstu tlaku plynu. Odplynování substrátu lze zajistit pravidelným mícháním.

V praxi můžeme nalézt celou řadu různých řešení bioplynových stanic. Podle konzistence substrátu dělíme bioplynové technologie na:

- zpracující tuhé materiály – vstupní substrát s podílem sušiny cca 18 až 35 %, výjimečně i více
- zpracující tekuté materiály – vstupní substrát s podílem sušiny 3 až 14 %

Bioplyn je možné využívat podobně jako jiná plynná paliva. Mezi nejčastější způsoby využití bioplynu patří:

- přímé spalování (topení, sušení, chlazení, ohřev užitkové vody apod.)
- výroba elektrické energie a ohřev teplotosného média (kogenerace)
- výroba elektrické energie, ohřev teplotosného média a výroba chladu (trigenerace)
- pohon spalovacích motorů nebo turbín pro získání mechanické energie
- využití bioplynu v palivových článcích

V praxi se nejvíce setkáváme s využitím BP v kogeneračních jednotkách. Tato metoda dosahuje vysoké účinnosti přeměny energie z BP na elektrickou a tepelnou energii (80-90 %). Zhruba lze počítat, že přibližně 30 % energie BP se transformuje na elektrickou energii, 60 % na energii tepelnou a zbytek jsou tepelné ztráty.

Na výrobu 1kWh elektrické energie ( $\text{kWh}_e$ ) je potřeba spálit v kogenerační jednotce cca 0,6-0,7  $\text{m}^3$  bioplynu s obsahem kolem 60 % metanu.

V tabulce níže uvádím porovnání produkce bioplynu z různého rostlinného materiálu při rozdílné době zdržení ve fermentoru a rozdílném dávkování.

Materiál		Produkce bioplynu (l/kg org/suš.)	Obsah $\text{CH}_4$ (%)	Doba zdržení ve fermentoru (dny)	Dávkované D, semikontinuální SK
tráva	čerstvá	640	52 až 55	7	D
		516	63	20	D
	seno	546	54	18	D
		617	60	20	D
		428	55	22	SK
		551	69	31	SK
vojtěška	čerstvá	630	52 až 55	7	D
		440	53 až 55	50	SK
	seno	380	65	17	D
		670	52 až 55	7	D
		530	53 až 55	45	SK
jetel	čerstvý	441	59	20	D
směs tráva, jetel		580	52 až 55	90	SK
artyčoky	siláž	480 až 590	53 až 55	46	SK
		510	54 až 55	7	D
		510 až 560	55 až 55	43	SK
		468	67	33	SK
kukuřice	čerstvá	526	65	33	D
		570	64	20	D
	siláž	557	61	20	D
		335	51	8	SK
		430	52	52	SK
zelí	čerstvé	750	52 až 55	7	D
		425	60	20	D
		493	60	36	D
		651	63	31	SK

Tab. 13: Produkce bioplynu z různých rostlinných materiálů [1]

### 3.3. Kapalná biopaliva

Používání kapalných biopaliv v dopravě je dalším krokem k širší aplikaci biomasy, který umožní extenzivnější vývoj biopaliva v budoucnosti. Dalším důležitým aspektem využívání biopaliv je snižování přílišného zaměření na ropu jako primární nosič energie. Dopravní sektor EU vykazuje více než 30% konečné spotřeby energie a stále se rozrůstá, přičemž jeho závislost na ropě dosahuje až 98%. Používání biopaliv by mohlo vytvořit příležitosti pro trvale udržitelný rozvoj venkova a zejména mnohofunkční zemědělství.

Biopaliva mohou být za stanovených podmínek využita ve stávajících vozidlech a distribučním systému a tudíž nevyžadují nákladné investice do infrastruktury. Mezi kapalná biopaliva jsou řazena zejména následující biopaliva: [1]

- **Alkoholová biopaliva:**
  - Bioethanol je ethanol vyráběný z rostlin obsahujících větší množství škrobu a sacharidů, nejčastěji z kukuřice, obilí, brambor, cukrové třtiny a cukrové řepy.
  - Biomethanol je methanol vyrobený z biomasy. Jeho produkce je zatím neekonomická a methanol je silně jedovatý.
  - Butanol lze vyrobit složitou fermentací biomasy. Může být použit přímo v existujících benzínových motorech a je méně korozivní než ethanol, ale je také jedovatý.
- **Biooleje (pro použití v naftových spalovacích motorech) :**
  - Rostlinný olej
  - Použité potravinářské oleje, např. fritovací olej
  - Bionafta získávaná transesterifikací rostlinných olejů a živočišných tuků.
- **Zkapalněná plynná biopaliva**
  - Bioplyn a dřevoplyn lze pomocí Fisher-Tropschovy syntézy přeměnit na kapalně uhlovodíky. Oproti bioethanolu a bionaftě, při jejichž výrobě se využívají pouze určité části rostlin, lze k výrobě dřevoplynu použít celou plodinu, což zvyšuje energetický výnos. Navíc je jedno, z jakých rostlin zdrojová biomasa pochází, takže není nutné pěstovat monokultury jediné plodiny.
- **Odpadní produkty:**
  - Termální depolymerizace poskytuje metan a ropě podobné uhlovodíky z různých odpadů.

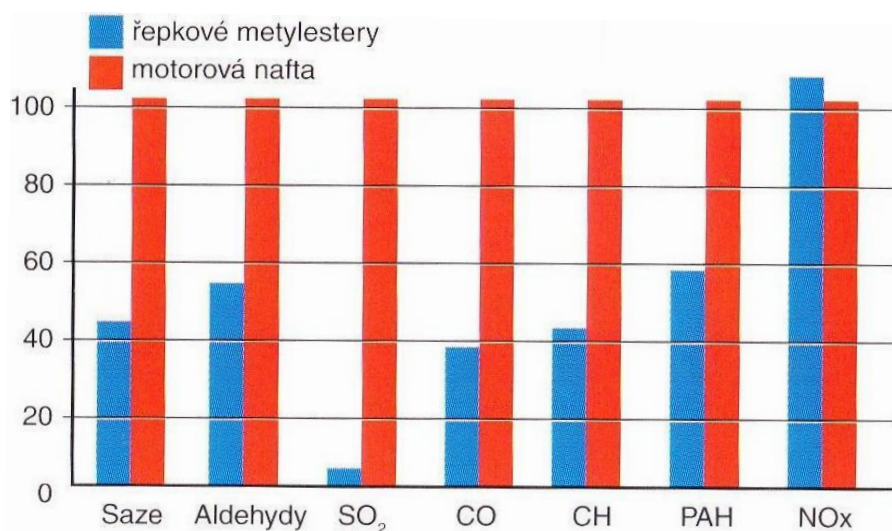
Vývoj vozidel a jejich motorového pohonu bude v budoucnosti více určován podle ekologických hledisek v důsledku stále přísnějších norem pro výfukové plyny. Dále také opatření zaměřená na snížení spotřeby a emise CO<sub>2</sub> budou mít stále větší vliv na optimalizaci koncepcí vozidel a pohonu.

Dle novely zákona 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší, je stanovena osobám uvádějícím motorové benzíny a naftu pro dopravní účely na trh od 1. září 2007 a v roce 2008 povinnost zajistit, že jimi uváděný objem paliv obsahuje 2 % biopaliv objemového podílu. Pro období roku 2009 je tato povinnost zvýšena na podíl 3,5 % objemového podílu pro bioethanol a 4,5 % objemového podílu pro MEŘO. [23]

Referenční hodnota (%)	2007		2008		2009		2010	
	min	max	min	max	min	max	min	max
2	121	137	123	143	124	148		
3,5	212	240						
4,25			261	304				
5					309	369		
5,75					356	424	358	435

Tab. 14: Minimální přepočtená spotřeba biopaliv (ktoe) v ČR v období 2007 – 2010 dle směrnice 2003/30/EC Zdroj: MPO: „Dlouhodobá strategie využití biopaliv v České republice“ – upraveno

MEŘO je zkratka pro MEtylestery Řepkového Oleje, současně s touto zkratkou se můžete setkat i s evropskou FAME (Fat Acid MEthylesther, tj. metylestery mastných kyselin). Nejperspektivnější kapalně palivo MEŘO má podobné vlastnosti a výhřevnost jako motorová nafta (motorová nafta  $43,3 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ , MEŘO  $37,5 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$  [1]) s tím, že jeho rozložitelnost v přírodě je několikrát rychlejší než u běžné nafty, což má význam pro ochranu životního prostředí.



Obr. 13: Porovnání měrných emisí řepkových metylestery a motorové nafty

Energetická návratnost alkoholu vzhledem k energetickým vstupům (zemní plyn a elektřina) je zatím velmi malá. Nová legislativa Evropské unie definující požadavek na minimální obsah obnovitelných paliv od roku 2005 dává určité naděje, že se bude etanol ve velkém množství přimíchávat do pohonných hmot i u nás. V rámci zpracované studie energetických alternativ využití biomasy k produkci kapalných paliv byly porovnávány různé plodiny vhodné pro produkci bioetanolu:

surovina	Výnos t/ha	spotřeba surovin v kg		výtěžek BE v t/ha
		na 100 l	na 1 t	
Pšenice	6 - 8	280	3 528	1,70 - 2,27, průměr 1,98
Kukuřičné zrno	7 - 10	275	3 465	2,02 - 2,87, průměr 2,45
Ječmen	5 - 7	285	3 591	1,39 - 1,95, průměr 1,67
Triticale	6 - 8	280	3 528	1,70 - 2,27, průměr 1,98
Cukrovka	40 - 65	992	12 500	3,20 - 5,20, průměr 4,20
Brambory	20 - 35	794	10 004	2,00 - 3,50, průměr 2,75

Tab. 15: Produkční potenciály bioethanolu (BE) u jednotlivých plodin [23]



### 3.4. Kompostování

V domovním odpadu je významně zastoupen biologicky rozložitelný odpad. Rozbory směsného komunálního odpadu ukázaly, že bioodpad je v něm zastoupen zhruba 40 %. V současné době většinou končí převážně na skládkách, kde fermentuje a tvoří se skládkové plyny. Hlavní součástí skládkového plynu je metan, který výrazně přispívá ke skleníkovému efektu.

Lepší a šetrnější cesta je proto bioodpad třídit a využívat ho. Bioodpad představuje jediný druh domovního odpadu, který si můžeme sami doma přeměnit na kvalitní organické hnojivo – kompost. Bioodpady jako trávu, listí, nasekané větve, zbytky ovoce a zeleniny lze kompostovat na volné hromadě nebo v kompostérech. Na rozkladu materiálu v kompostu se podílí bakterie, houby a další živočichové. Hlístice, roztoči, chvostoscoci a mnohonožky se podílí na rozkladných procesech a významně tak přispívají k tvorbě kompostu. Organismy potřebují dostatek vzduchu a vody, proto je třeba sledovat vlhkost kompostu a přehazovat ho.[18]

Při domovním kompostování je aerace zajišťována převážně přírodními fyzikálními pochody – difuzí a konvekcí, doporučuje se však provádět také manuální překopávání například vidlemi či lopatou minimálně jednou za půl roku.

Při komunálním kompostování je aerace ve větší míře realizována mechanizovaným překopáváním pomocí překopávačů. Aeraci lze také zajistit nucenou aeraci, kdy je výměna vzduchu do kompostovaného materiálu zabezpečena vháněním či odsáváním vzduchu.



*Obr 14: Mechanická aerace při komunálním kompostování*

Využití kompostování v kombinaci s pěstováním netradičních plodin může být pozitivním přínosem i při dekontaminaci půdy znečištěné motorovou naftou. Výsledky jsou prezentované ve výzkumu týkajícího se zejména dekontaminace půdy znečištěné ropnými látkami s využitím kompostů a následně pěstovaných netradičních plodin cíleně navazují na řešení mezinárodního projektu EUREKA E!2190 Revital. Mikrobiální degradace ropných uhlovodíků v půdě je účinnou a ekonomicky výhodnou biologickou metodou, která nemá nepříznivý vliv na životní prostředí. [19]

## 4. Legislativa

Základní právní a technické normy platné v ČR mají za cíl vytvořit rámec pro chování podnikatelských subjektů a spotřebitelů, stanovit technické požadavky na zařízení a výrobky, implementovat právní systém EU do našeho právního systému a stanovit funkce, pravomoci a podmínky činnosti správních a samosprávních orgánů tak, aby byla zabezpečena ochrana životního prostředí, zdraví lidí a rovnoměrné podmínky pro hospodářskou soutěž včetně ochrany spotřebitelů.

Chování podnikatelských objektů je limitováno a usměrněno právními a technickými normami (zákony, vládními nařízeními, vyhláškami, ČSN, od 1.5. 2004 právními a technickými normami EU – průběžně probíhá harmonizace s právní soustavou ČR). Právní a technické normy se řídí podle následující hierarchie: [1].

- I. Právní a technické normy EU
- II. Základní zákony ČR
- III. Nařízení vlády ČR a prováděcí příhlášky k základním zákonům
- IV. Složkové zákony a související právní normy
- V. Vyhlášky a předpisy samosprávních úřadů (obcí)
- VI. České technické normy (ČSN) a předpisy
- VII. Podnikové normy, předpisy a smluvní ujednání

### 4.1. Předpisy týkající se problematiky využívání biomasy

Energetické využití biomasy je po právní stránce řízeno základními právními normami a koncepčními materiály z oboru:

- Požadavků na výrobky
- Energetiky
- Podnikání
- Ochrany životního prostředí

### 4.2. Dotace státu na podporu využívání energie biomasy

Pro rok 2009 se jedná o programy podpory financování z veřejných zdrojů, tedy programy ministerstev a státních fondů, Evropské unie a krajů.

- EFEKT 2009 - Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2009 - část A

Program EFEKT je určen na podporu energetických úspor a obnovitelných zdrojů energie v ČR. Dotace jsou poskytovány na energetické plánování, investiční akce malého rozsahu, pilotní projekty a na osvětovou činnost. EFEKT je doplňkovým programem k energetickým programům podporovaným ze strukturálních fondů Evropské unie. Program je součástí Státního programu na podporu úspor energie a využití OZE (část A).

- Program Ministerstva životního prostředí - Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2009 - Část B

Z programu jsou poskytovány dotace fyzickým osobám na projekty využívající energii z obnovitelných zdrojů a organizacím na podporu vzdělávání a osvěty v oblasti obnovitelných zdrojů energie. Program je součástí Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie (část B).

- Program EKO-ENERGIE

Program podpory pro podnikatele (zejména malé a střední) určený na snižování energetické náročnosti výroby a vyššího využití obnovitelných a druhotných zdrojů energie. Program je součástí Operačního programu Podnikání a inovace 2007-2013.

- Operační program Životní prostředí

Nabízí finanční podporu projektům na ochranu a zlepšování kvality životního prostředí v letech 2007-2013. V rámci vyhlášené prioritní osy 2 (dotace pro zlepšování kvality ovzduší) a 3 (dotace na udržitelné využívání zdrojů energie) jsou financovány také energetické projekty.

- Intelligent Energy Europe Programme (IEE II)

Cílem je podporovat trvale udržitelnou výrobu a spotřebu energie a přispívat k dosažení obecných cílů bezpečnosti dodávek energie, konkurenceschopnosti a ochrany životního prostředí. Program se zaměřuje na oblast energetické účinnosti a kombinovaných zdrojů tepla a elektřiny a na zavádění obnovitelných zdrojů energie.



## 5. Produkce fytomasy v ČR

Po celém světě se uvádí kolem sta rostlinných druhů, které byly vytipovány jako potenciální zdroj pro energetické využití. Volba druhu energetické rostliny je určována mnoha faktory, jako např. druhem půdy, způsobem využití, prostředky pro pěstování, sklizní a dopravou apod. Obecně platí, že ekonomicky a energeticky efektivnější je pěstování rostlin víceletých a vytrvalých než tradičních jednoletých (pokud to není vedlejší produkt jako sláma obilovin či olejnin). Pěstováním netradičních vytrvalých plodin lze efektivně snížit celkové náklady na produkci jednotky biomasy.

### 5.1. Fytomasa s obsahem lignocelulózy

Pro energetické využití jsou vhodné zejména rostliny lignocelulózou:

- Obiloviny (ječmen, pšenice, žito, oves, kukuřice, řepka olejná, luskoviny)
- Travní porosty (sloní tráva, chrastice, trvalé travní porosty)
- Ostatní rostliny (konopí seté, čirok, křídlatka, šťovík krmný, sléz topolovka)

**Obiloviny** - v podmínkách ČR přichází v úvahu zejména využití slámy obilní (pšenice, žito, ječmen, oves, kukuřice), řepková sláma, slámy luskovin a lněných stonků. V současné době při předpokládaném využití čtvrtiny slámy obilnin a celého objemu slámy kukuřice, luskovin a řepky v průmyslové výrobě a v energetice k dispozici celkem 2,5 mil. tun slámy. Sláma je využívána pro přímé spalování.

**Chrastice rákosovitá:** Vytrvalá tráva značně náročná na vodu a živiny, nenáročná na agrotechniku, dávající ve vhodných podmínkách vysoké výnosy. Je rozšířena téměř po celé Evropě, Asii (kromě jižní části) a Severní Americe. Výška stébel často přesahuje přes 2 m.

V ČR zatím nejsou povolené žádné odrůdy. V zemích EU se považuje za standart odrůda Palaton (USA). Ta je využívána pro přímé spalování.



Obr. 15: Chrastice rákosovitá

**Rumex OK 2 – krmný šťovík:** Krmný šťovík je vytrvalá plodina, vyšlechtěná na Ukrajině ke krmivářským účelům. Výhodou Rumexu OK 2 je jeho vytrvalost, čímž se snižují náklady na každoroční orbu a další základní agrotechnické zásahy.

Každoročně brzy z jara obrůstá a chrání tak půdu proti vodní erozi. Je vhodný zvláště do svažitých pozemků i chladnějších oblastí, neboť je také velmi odolný vůči mrazu.

Řádná sklizeň na suchou hmotu (jako palivo) začíná od druhého roku vegetace. V dalších letech spočívá ošetřování porostu především v přihnojování (každoročně cca 1,5 až 2 q ledku/ha, nebo organická hnojiva včetně kejdy apod.). Dále je nutné každý rok porost provzdušnit. Ošetřování porostů šťovíku není obecně náročné, ale je vhodné jej upřesnit podle konkrétního půdně-klimatického stanoviště.

Sklizeň se provádí ve stavu plné zralosti (cca 10.VII.). Ke sklizni lze použít běžnou zemědělskou mechanizaci. Zpravidla se lisuje do balíků, vhodných pro přepravu k místu využití. Balíky lze využít přímo ke spalování v biokotelně, obdobně jako balíky slámy.

Pro využití Rumexu OK 2 pro Bioplynových stanicích je nutné jej sklízet dříve (cca 15.Května.), kdy má nejlepší krmnou hodnotu, neboť má vysoký obsah dusíkatých látek i redukovaných cukrů.



*Obr. 16: Sklizeň šťovíku 17.7.2003 (Fitmin, a.s.)*

**Křídlatka:** Všechny odrůdy křídlatky jsou vytrvalé a odolné proti vymrzání. Mezi nejrozšířenější druhy patří Křídlatka Japonská, Sachalinská a kříženec Křídlatka Česká. U nás nachází stanoviště většinou na březích a loukách kolem vodotečí. Vyznačuje se velmi rychlým růstem 4 až 8 cm za den a dosahuje výšky 2 – 4 metry.

Počítá se k nepůvodním, invazním, agresivním rostlinám a je snaha ji ochránci přírody a úřady likvidovat – cizorodý invazivní druh. Je to však rostlina s vysokým výnosem sušiny a s významným využitím stonků, listů i kořenů. K účelovému pěstování se ve velkém v ČR vůbec nevyužívá.



*Obr. 17: Porost Křídlatka v povodí řeky Morávky*



**Konopí seté:** Teplomilná plodina náročná na vodu, půdu, živiny i agrotechniku. Dorůstá výšky 2 – 6 m. Potlačuje růst plevelů, má rekultivační a protierozní schopnosti, odčerpává z půdy nečistoty, jedovaté látky a těžké kovy. Při jeho pěstování nejsou třeba ani pesticidy, ani herbicidy, které zatěžují životní prostředí. Vegetační období trvá 100 – 120 dní, na 1 ha osevní plochy naroste minimálně dvaapůlkrát více dřevité hmoty, než na 1 ha lesa. V roce 2007 bylo v ČR touto plodinou oseto 1 600 ha pro hospodářské a průmyslové účely. Konopí je využíváno pro přímé spalování.

Pěstování a zpracování konopí setého je u nás podporováno z prostředků EU v rámci jednotné platby na plochu zemědělské půdy, tzv. SAPS (Nařízení vlády č. 144/2005 Sb.). Od roku 2007 je možné čerpat podporu na pěstování energetických plodin včetně konopí setého i z tzv. uhlíkového kreditu ve výši až 45 eur na ha. Dotaci plně hradí EU. Rovněž z národních zdrojů bylo podporováno i pěstování bylin (konopí setého) pro energetické využití z dotačního programu 1. U – Podpora pěstování bylin pro energetické využití (v roce 2007 to bylo 3000 Kč/ha, v současné době je tento dotační titul pro nesoulad s právními předpisy EU zrušen).[25]



Obr. 18: Sklizeň konopí setého pro energetické využití

**Čirok:** Teplomilná plodina odolná proti suchu. Na půdu méně náročná než kukuřice. Jednoletá bylina s bohatě rozvětveným hluboko kořenícím kořenovým systémem tvořící četná stébla vysoká až 3 m i více, která jsou bohatě olistěná a vytváří mnoho zelené hmoty. Čirok může být využíván v bioplynových stanicích, pro přímé spalování

Podle hlavních směrů využití se dá rozdělit do čtyř skupin:

- Čirok obecný se pěstuje hlavně na zrno. Většinou jde o formy s nižším vzrůstem.
- Čirok technický má silně vyvinutou latu, která bývá surovinou pro výrobu košťat a kartáčů. Zrno je vedlejším produktem.
- Čirok cukrový má šťavnatou dřev i v biologické zralosti zrna. Používá se jako krmná, zejména silážní rostlina. Někdy se lisuje ze stébel šťáva, ze které se vyrábí líh, sirup apod.
- Čirok súdánský má tenká stébla, bohaté olistění a vytváří velké množství hmoty. Je nejvhodnější pro případné energetické využití.

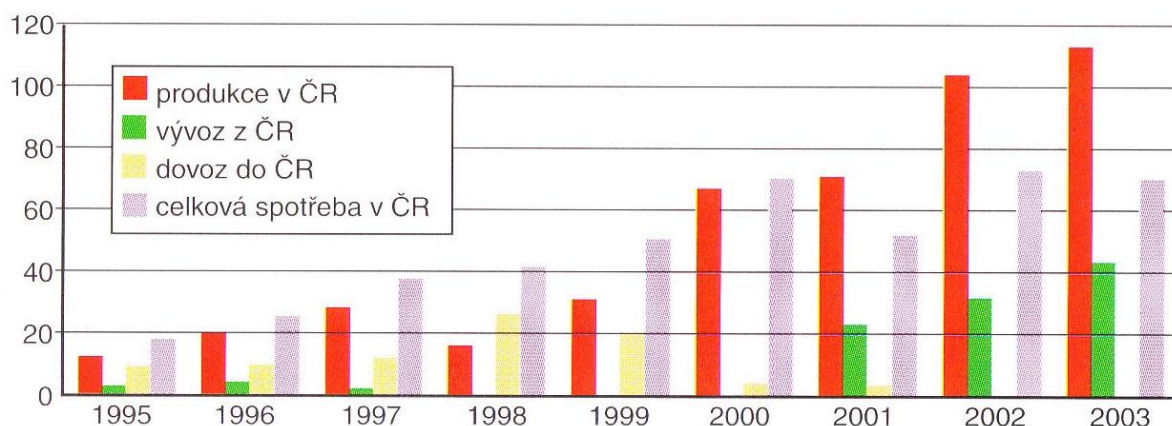
## 5.2. Fytomasa olejnatých plodin

Mezi nejvhodnější využívané olejnaté plodiny řadíme Řepku olejnou, Slunečnici, Len a rostlinné semena – př. konopí seté.

**Řepka olejná:** Ozimý typ je podstatně méně rozšířen a zahrnuje především oblast a zahrnuje především oblast střední a západní Evropy, jižní části Skandinávie a Kanady, nově sever Kavkazu a západ Ukrajiny, západ a sever USA.

V podmínkách ČR má vegetační dobu 310 až 340 dnů. Dorůstá nejčastěji výšky 140 – 160 cm. Rostliny se silou kořenového krčku nad 8 mm odolávají v půdě i opakovaným holomrazům do - 20°C.

S pěstování řepky olejné jsou u nás dlouhodobé a bohaté zkušenosti. V současnosti je také nejvíce masově využívanou rostlinou pro energetickou produkci. Řepka olejná je hojně využívána pro přímé spalování, v bioplynových stanicích a stále více pro výrobu kapalných paliv pro dopravu.



Obr. 19: Přehled výroby, vývozu, dovozu a spotřeby řepkových metylesterů v ČR v tis. t v letech 95-03 (zdroj: Celní statistika, VÚZT – SVB, 2004)



Obr. 20: Sklizeň Řepky olejné ozimé[15]

**Slunečnice roční:** Pěstuje se v teplých oblastech a hlavním produktem je semeno. Olej lisovaný ze semen je využíván pro výrobu kapalných biopaliv. Celé rostliny a zbytky z čištění a lisování jsou využívány pro přímé spalování.



**Konopí seté:** Produktem je semeno. Zbytky po lisování, se využívají jako dietetické krmivo pro hospodářská zvířata, nebo jako palivo. Výtěžnost semen se pohybuje mezi 0,7 – 1,4 t/ha. [25]

### 5.3. Fytomasa s vysokým obsahem škrobu a cukru

Hlavní plodiny poskytující škrob (cukr) jsou cukrová řepa, obilí (zrno), kukuřice brambory, topinambur, cukrová třtina. Škrob z ječmene, ova, hrachu, čiroku nebo čočky není dosud ve větší míře využíván. Šlechtění plodin jako kukuřice, pšenice, hrách nebo brambory se zaměřuje na vyšlechtění nových odrůd pro průmyslové využití. Fytomasa s vysokým obsahem cukru a škrobu je využívána pro výrobu kapalných paliv (methanol, ethanol), odpady ze zpracování je dále možné spalovat.

**Cukrová řepa:** S pěstování cukrové řepy jsou u nás dlouhodobé zkušenosti. Oblasti vhodné pro pěstování jsou především roviny až mírně zvlněné plochy s nadmořskou výškou do 350 m. Cukrovka spotřebuje v průběhu vegetace značné množství vody. Průměrné hektarové výnosy se pohybují okolo 40 t/ha s cukernatostí 17%.

**Obilí:** Pšenice je celosvětově i v ČR nejvýznamnější obilninou. Pro produkci etanolu jsou vhodné odrůdy většinou s vyšším obsahem škrobu a vyšší aktivitou enzymů. Pro energetické účely lze pšenici využít vzhledem k vysoké produkční schopnosti celkové nadzemní fytomasy a vysoké energetické výtěžnosti při spalování. Využití pšenice k produkci škrobu je výhodné především vhodností klimatických podmínek střední Evropy pro produkci pšenice, ve vysoké výnosové úrovni odrůd pšenice i v intenzitě jejího pěstování.

V současnosti se k výrobě škrobu používá pšenice potravinářská a běžným mlecím procesem se připravuje mouka s obsahem popela 0,6%. Pšenice je využívána jako obilovina pro další technologické zpracování (škrob, líh), jen asi z 0,2 mil. t.. Výtěžnost lihu u pšenice dosahuje asi 370-390 litrů na 1 t sušiny pšenice.

**Topinambur hlíznatý:** Mohou sloužit jako alternativní zdroj pro výrobu bioetanolu, nebo jako energetický zdroj paliva. Plodina s delší vegetační dobou, nenáročná na půdu, pěstované převážně pro hlízy (vysoký obsah inulínu).



Obr. 21: Topinambur hlíznatý - hlízy

Obr. 22: Topinambur hlíznatý - kvetoucí

## 6. Náklady na vytápění RD

Výpočet nákladů na vytápění RD je třeba chápat jako demonstrativní příklad. Pro přesnější výpočet by bylo třeba znát přesněji tepelné ztráty domu a řadu dalších údajů, které jsou individuální. Dále bude porovnána cenová kalkulace vytápění RD zvolených typů o velikosti tepelných ztrát 10 kW jednotlivými druhy paliv. Jako nejvhodnější varianty, vzhledem k tématu mé bakalářské práce, volím porovnání vytápění kotli spalující dřevní pelety, hnědé uhlí a kusové dřevo.

Pro vyhodnocení nákladů na vytápění RD různými druhy paliv použiji parametry 3 konkrétních existujících domů z oblasti okresu Ústí nad Orlicí. RD jsou zhruba stejně velké, obývané celoročně 4 člennou rodinou a pro přibližný výpočet vzájemně srovnatelné.

### Základní vstupní parametry pro výpočet:

Venkovní výpočtová teplota:	$t_e = -15\text{ °C}$
Střední denní venkovní teplota: (začátek a konec otopného období)	$t_{em} = 13\text{ °C}$
Délka topného období:	$d = 251\text{ dnů}$
Průměrná teplota během otopného období:	$t_{es} = 3,6\text{ °C}$

### Vytápění:

Tepelná ztráta objektu:	$Q_C = 10\text{ kW}$
Průměrná vnitřní výpočtová teplota:	$t_{is} = 19\text{ °C}$
Vytápěcí denostupně:	$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 3369\text{ K} \cdot \text{den}$
Opravný součinitel:	$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0,765\text{ (-)}$
Účinnosti systému:	$\eta_o = 0,95\text{ (-)}$ $\eta_r = 0,95\text{ (-)}$
Roční potřeba tepla pro vytápění:	$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_C \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$

$$Q_{VYT,r} = 72,6\text{ GJ} / \text{rok} = 20,2\text{ MWh} / \text{rok}$$

### 6.1. Kotel na pelety

Náklady provozu kotle na pelety se stanoví z množství za rok spáleného paliva – dřevních pelet, roční potřeby tepla a účinností použitého kotle. Pro srovnání výpočtu s praxí bylo využito záznamů vytápění RD – prováděné majitelem RD p. Šafářem. Objekt se nalézá v obci Řetová (okres Ústí nad Orlicí) a je vytápěn kotlem PONAŠT KP10.

Množství spáleného paliva:	$P_1 = \text{kg/rok}$
Roční potřeba tepla:	$Q_{VUT,r} = 72,6\text{ GJ/rok}$
Výhřevností dřevních pelet:	$q_1 = 18,5\text{ MJ/kg}$
Účinností použitého kotle:	$\eta_1 = 78\%$

$$P_1 = \frac{Q_{VUT,r}}{q_1 \cdot \eta_1} = \frac{72600}{18,5 \cdot 0,78} = 5031\text{ kg} / \text{rok}$$

Ekonomická náročnost vytápění:	$N_1 = \text{Kč}$
Cena paliva:	$X_1 = 3,7\text{ Kč/kg}$ [26]

$$N_1 = X_1 \cdot P_1 = 3,7 \cdot 5031 = 18615\text{ Kč}$$

Rok	Hmotnost kg	cena bez DPH	cena s DPH	doprava Kč	cena celkem bez DPH	cena celkem s DPH	cena celkem za 1 kg s DPH
2008/2009	5085			750			
DPH 5%		19 199	20 007		19 949	20 757	3,77559
DPH 9%		18 538	20 603		19 288	21 353	3,64559

Tab. 16: Záznamy o vytápění RD (obec Řetová okr. Ústí nad Orlicí majitel p. Šafář)

Vypočítaná cena za topení je nižší o 1334Kč, uvedená odchylka je způsobena kolísající výhřevností dodávaných pelet. Tento výpočet počítá s použitím dřevních pelet s výhřevností 18,5MJ/kg. Výhřevnost pelet z fytomasy (konopí seté, slámy obilovin, krmný šťovík, chrastice aj.) je nižší (14-18MJ/kg) a závisí na kombinaci použitých plodin. Na exkurze dne 23.10.2008 ve firmě Janíček Jaroslav - Výroba a prodej alternativních, jsme se přesvědčilo vhodném zpracování odpadů z loupání semen, při výrobě pelet z fytomasy.

## 6.2. Kotel na hnědé uhlí

Náklady provozu kotle hnědé uhlí se stanoví z množství spáleného paliva za rok – hnědé uhlí Ořech 1A (Ledvice), roční potřeby tepla a účinností použitého kotle. Pro srovnání výpočtu s praxí bylo využito záznamů vytápění RD – prováděné majitelem RD p. Jansou. Objekt se nalézá v obci Hnátnice (okres Ústí nad Orlicí) a je vytápěn kotlem DAKON 32 (1990).

Množství spáleného paliva:	$P_2 = \text{kg/rok}$
Roční potřeba tepla:	$Q_{\text{VUT},r} = 72,6 \text{ GJ/rok}$
Výhřevností Ořechu 1A (Ledvice):	$q_2 = 17,6 \text{ MJ/kg}$
Účinností použitého kotle:	$\eta_2 = 74\%$

$$P_2 = \frac{Q_{\text{VUT},r}}{q_2 \cdot \eta_2} = \frac{72600}{17,6 \cdot 0,55} = 5574 \text{ kg / rok}$$

Ekonomická náročnost vytápění:	$N_2 = \text{Kč}$
Cena paliva:	$X_2 = 2,99 \text{ Kč/kg [26]}$

$$N_2 = X_2 \cdot P_2 = 2,999 \cdot 5574 = 16716 \text{ Kč}$$

Rok	Hmotnost kg	cena s DPH	doprava Kč	cena celkem s DPH	cena celkem za 1 kg s DPH
2008/2009	5 966	17 892	261	18 153	2,99900

Tab. 17: Záznamy o vytápění RD (obec Hnátnice okr. Ústí nad Orlicí, majitele p. Jansa)

Vypočítaná cena za topení je nižší o 1 177Kč, uvedená odchylka je způsobena menším množstvím spáleného paliva a nižší účinností kotle Dakon 32 (1990).

### 6.3. Kotel na kusové dřevo

Náklady provozu kotle kusové dřevo se stanoví z množství spáleného paliva za rok – palivové dřevo, roční potřeby tepla a účinností použitého kotle. Pro srovnání výpočtu s praxí bylo využito záznamů vytápění RD – prováděné majitelem RD p. Vicanem. Objekt se nalézá v obci Albrechtice u Lanškrouna (okres Ústí nad Orlicí) a je vytápěn kotlem VERNER V25D

Množství spáleného paliva:  $P_3 = \text{kg/rok}$   
 Roční potřeba tepla:  $Q_{\text{VUT},r} = 72,6 \text{ GJ/rok}$   
 Výhřevností dřeva:  $q_3 = 16,4 \text{ MJ/kg}$   
 Účinností použitého kotle:  $\eta_3 = 90\%$

$$P_3 = \frac{Q_{\text{VUT},r}}{q_3 \cdot \eta_3} = \frac{72600}{16,4 \cdot 0,9} = 4918 \text{ kg / rok}$$

Ekonomická náročnost vytápění:  $N_3 = \text{Kč}$   
 Cena paliva:  $X_3 = 3,2 \text{ Kč/kg [27]}$

$$N_3 = X_3 \cdot P_3 = 3,2 \cdot 4918 = 15738 \text{ Kč}$$

Rok	Hmotnost kg	cena s DPH	doprava Kč	cena celkem s DPH	cena celkem za 1 kg s DPH
2008/2009	4 000	12 800	500	13 300	3,20000

Tab. 18: Záznamy o vytápění RD (obec Albrechtice u Lanškrouna okr. Ústí nad Orlicí, majitel p. Vican)

Vypočítaná cena za topení je vyšší o 2438Kč, uvedená odchylka je způsobena menším množstvím spáleného paliva v RD Vicanových, které je způsobeno menší obytnou plochou, než je u domů předchozích.



## 7. Vyhodnocení využívání biomasy

Spotřeba energie současné společnosti je značná a nadále bude růst. Energetické zdroje planety jsou omezené, zvláště pak zásoba fosilních paliv značně klesá a následky jejich enormního využívání se začínají projevovat na globálním oteplování zemského klimatu. Jaderná energetika není dnes politicky podporovaná a její využívání nese určitá rizika, dále není dosud dostatečně zvládnutá technologie využití odpadu. Proto se ekonomicky silné státy světa začínají zabývat využíváním OZE. Z obnovitelných zdrojů energie má v zeměpisných podmínkách ČR největší potenciál pro rozvoj využívání v následujících letech Biomasa.

Vzhledem k nadbytku zemědělské půdy a nadprodukcí potravin v ČR má pěstování energetických plodin budoucnost. Zvláště vhodné jsou plodiny, u kterých je zvládnutá a propracovaná technologie pěstování, sklizení i zpracování. Využívány jsou zejména řepka olejná, pšenice, krmný šťovík, cukrová řepa a konopí seté. Tyto plodiny by mohli pomoci snížení závislosti na fosilních palivech jak v energetice, tak i v dopravě. V případě Konopí setého jsou velké možnosti jeho využití v energetice i v průmyslu. Příkladem je vhodné i pro výrobu kvalitních izolačních materiálů. Pěstování a zpracování energetických plodin se v podmínkách EU, neobejde bez vhodné dotační politiky státu, která není dostatečná.

Značný význam má využívání odpadní biomasy, ve které je uložen značný energetický potenciál, který nebyl v minulých letech dostatečně využíván. Při vhodné volbě technologie zpracování jsou odpady omezeny na minimum. Například při výrobě rostlinných pelet jsou využity i zbytky z loupání semen. Důležitou roli u odpadu má třídění, v budoucnu bude důležité omezit skládkování biologických rozložitelných odpadů na minimum.

Podmínky k čerpání dotací na pěstování a využívání biomasy nejsou zatím zcela sjednoceny a nedosahují cen v jiných státech EU. Rozvoj využívání biomasy a její získávání není levné, proto je nutné její energii využívat efektivně. Dále je pro účelné zavedení pěstování a využívání biomasy důležité její zpracovatele i producenty dostatečně dotačně podporovat.

Druh paliva	Typ kotle	Parametry kotle			cena po odečtu dotace [Kč]	Provozní náklady		srovnání nákladů s vytápěním hnědým uhlím [rok]
		cena [Kč]	$\eta$ [%]	dotace [Kč]		spotřeba [Kg/rok]	cena paliva [Kč/rok]	
dřevní pelety	Ponast KP10	78 100	85-88	50 000 <sup>(1)</sup>	39 050	5 031	18 615	je dražší
hnědé uhlí	Dakon DOR 32	24 871	72-83	-	24 871	5 574	16 716	1
palivové dřevo	Verner V25D	68 600	90	50 000 <sup>(2)</sup>	34 300	4 918	15 738	9,6

<sup>(1)</sup> - do výše 50% investičních nákladů, max. výše příspěvku na jednu akci 50 000 Kč

<sup>(2)</sup> - účinnost kotle nad 80% a splnění ČSN EN 303-5 třídy 3

Tab. 19: Zhodnocení návratnosti zvolených druhů vytápění v porovnání s vytápěním hnědým uhlím

Při porovnání nákladů na vytápění u 3 rodinných domů jsem dospěl k tomuto závěru: Topení dřevními peletami je na stejné cenové úrovni jako vytápění hnědým uhlím, výhodou vytápění hnědým uhlím je pořizovací cena kotle DAKON DOR 32, je po odečtení max. dotace o 14 179 Kč nižší, než u kotle na pelety PONAŠT KP10. Kotel na pelety má příznivější emise bez SO<sub>x</sub> a zachovává svým provozem koloběh uhlíku. Jak potvrzují zkušenosti pana Šafáře je vytápění peletami komfortnější a

prakticky bezobsluhové. V minulých letech nebyla zajištěna stálá a kvalitní dodávka paliva, dnes se výrobou pelet zabývá stále více firem. Pouze s rostoucí poptávkou a vlivem spalování v provozech ČEZ stoupá i jejich cena. Cena kotle na kusové dřevo VERNER V25D je po odečtení max. dotace o 9 429Kč vyšší než cena kotle DAKON. Náklady na palivo jsou nejnižší u kotle na kusové dřevo, ovšem problém je s uskladněním dřeva, které zabírá značný prostor a potřebuje další úpravu (řezání, štípání) a přikládání je manuální. Jak ukazují zkušenosti pana Vicana je topení kusovým dřívím zejména výhodné při vlastnictví lesa.

## Přepočty:

Exajoule (EJ)	Terajoule (TJ)
1 EJ = $10^{18}$ J	1 TJ = $10^{12}$ J
Gigawatthodina (GWh)	
1 GWh = $3,6 \cdot 10^{12}$ J = 3,6 TJ	
Tuna ekvivalentu ropy (toe)	
1 toe = $1,07 \cdot 10^{10}$ cal = 0,447 TJ	

Tab. 20: Převodní tabulka I

	TJ	Gcal	Mtoe	GWh
TJ	1	238,8	$2,388 \cdot 10^{-5}$	0,2778
Gcal	$4,1868 \cdot 10^{-3}$	1	$1 \cdot 10^{-7}$	$1,163 \cdot 10^{-3}$
Mtoe	$4,1868 \cdot 10^{-3}$	1·107	1	11630
GWh	3,6	860	$8,6 \cdot 10^{-5}$	1

Tab. 21: Převodní tabulka II [2]

## Veličiny, jednotky a zkratky:

Fyzikální, chemické a energetické jednotky	
m	metr - základní jednotka v SI soustavě
teo	ropný ekvivalent (1t fiktivního paliva o výhřevnosti 41,867 GJ)
J	joule jednotka energie, práce ( $1\text{J} = 1\text{W}\cdot\text{s} = 1\text{N}\cdot\text{m}$ )
cal	jednotka energie $1\text{ cal} \approx 4,185\text{ J}$
W	Watt - jednotka výkonu
pH	Sorensův vodíkový exponent, označující kyselost prostředí
°C	Celsiův stupeň - jednotka teploty
h	hodina - jednotka času ( $1\text{ h} = 60\text{ min} = 3600\text{ s}$ )
m <sup>3</sup>	krychlový metr
ha	jednotka pro plošný obsah ( $10\,000\text{ m}^2$ )
kg	kilogram - základní jednotka v SI soustavě
ha N	hektar hnojený dusíkem
$\eta$	výhřevnost (MJ/kg)
Předpony pro tvorbu násobných jednotek	
k	kilo ( $10^3$ )
M	mega ( $10^6$ )
G	giga ( $10^9$ )
T	tera ( $10^{12}$ )
P	peta ( $10^{15}$ )
Chemické značky	
CO <sub>x</sub>	oxidy uhlíku
SO <sub>x</sub>	oxidy síry
NO <sub>x</sub>	oxidy dusíku
H <sub>2</sub> O	voda
O <sub>2</sub>	kyslík
N <sub>2</sub>	dusík
Obecné zkratky	
MEŘO	Metylestery řepkového oleje
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
FAME	metylester mastných kyselin (řepkového oleje MEŘO)
BE	Bio ethanol
BP	bio plyn
ČSN	Česká technická norma
SAPS	platba na plochu - Single Area Payment Scheme
VÚZT	Výzkumný ústav zemědělské techniky Praha
SVB	Sdružení výrobců bionafty
VÚRV	Výzkumný ústav rostlinné výroby
DPH	daň z přidané hodnoty
OZE	obnovitelný zdroj energie
Pez	primární energetický zdroj
MŽP	ministerstvo životního prostředí
RD	rodinný dům
RRD	rychle rostoucí dřeviny

## Seznam literatury:

### Tituly:

- [1] [SYSNO: 000070051], Pastorek Zdeněk, *Biomasa :obnovitelný zdroj energie /Praha :FCC Public,2004. 286 s. ISBN 80-86534-06-5*

### Prezentace:

- [2] Světová energetická bilance, (Spotřeba energie a zdroje energie ve světě) Doc. RNDr. Petr Sládek, CSc. Katedra fyziky Pedagogická fakulta Masarykova univerzita Brno
- [3] Prezentace – Energetika – enviromentální infocentrum plzeň
- [4] Datum: 22.5.2006 Možné zdroje energetické biomasy v ČR (II), Autor: Ing. Vlasta Petříková, DrSc. ,Organizace: CZ Biom - České sdružení pro biomasu

### www. Stránky:

- [5] RYTÍŘ, Lukáš. Spotřeba elektrické energie. *Pro Atom Web* [online]. 2006 [cit. 2006-03-04]. Dostupný z WWW: <<http://proatom.luksoft.cz/view.php>>.
- [6] ARCHALOUS, Martin. ČEZ: obnovitelné zdroje rostou, solární a větrná energie ne. *Na zeleno : Chytrá řešení pro každého* [online]. 2008 [cit. 2008-09-22]. Dostupný z WWW: <<http://www.nazeleno.cz/energie/energetika/cez-obnovitelne-zdroje-rostou-solarni-a-vetrna-energie-ne.aspx>>. ISSN 1803-416.
- [7] PONCAROVÁ, Jana. Biomasa v České republice : kolik vyrábíme elektřiny?. *Na zeleno : Chytrá řešení pro každého* [online]. 2009 [cit. 2009-03-26]. Dostupný z WWW: <<http://www.nazeleno.cz/energie/biomasa-v-ceske-republice-kolik-vyrabime-elektriny.aspx>>. ISSN 1803-4160.
- [8] PONCAROVÁ, Jana. Skupina ČEZ vyrobila vloni 327 GWh elektřiny z biomasy. *Na zeleno : Chytrá řešení pro každého* [online]. 2009 [cit. 2009-03-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.nazeleno.cz/skupina-cez-vyrobila-vloni-327-gwh-elektriny-z-biomasy.aspx>>. ISSN 1803-4160.
- [9] Obnovitelné zdroje energie : ČEZ letos vyrobil v ČR z biomasy již 234 GWh elektřiny . *All for power : Vše o energetické výstavbě ..* [online]. 2008 [cit. 2008-11-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.allforpower.cz/clanek/249-cez-letos-vyrobil-v-cr-z-biomasy-jiz-234-gwh-elektriny/>>.
- [10] Dostupné z WWW: <<http://www.levnyraj.cz/kategorie/na-tuha-paliva-3/>>.
- [11] KOVÁŘOVÁ, Marie, ABRHAM, Zdeněk, JEVÍČ, Petr, ŠEDIVÁ, Zdeňka, KOCÁNOVÁ, Vlasta: Pěstování a využití energetických a průmyslových plodin. *Biom.cz* [online]. 2002-07-10 [cit. 2009-03-28]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pestovani-a-vyuziti-energetickych-a-prumyslovych-plodin>>. ISSN: 1801-2655.
- [12] MURTINGER, Karel: Možnosti využití biomasy. *Biom.cz* [online]. 2007-05-02 [cit. 2009-04-21]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-vyuziti-biomasy>>. ISSN: 1801-2655.
- [13] VÁŇA, Jaroslav: Energetické využití biomasy - možnost omezení produkce skleníkových plynů. *Biom.cz* [online]. 2001-11-12 [cit. 2009-04-21]. Dostupné z

- WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/energeticke-vyuziti-biomasy-moznost-omezeni-produkce-sklenikovych-plynu>>. ISSN: 1801-2655.
- [14] Dostupné z WWW: <<http://www2.benekov.com/index.php?locale=cz&action=b27>>.
- [15] *Ministerstvo zemědělství České republiky : Zemědělská výroba* [online]. c2009 , 22.1.2009 [cit. 2009-01-22]. Dostupný z WWW: <<http://www.mze.cz/index.aspx?ch=73&typ=1&val=42543&ids=0&zoom=true>>.
- [16] STRAŠIL, Zdeněk, ŠIMON, Josef: Stav a možnosti využití rostlinné biomasy v energetice ČR. *Biom.cz* [online]. 2009-04-20 [cit. 2009-04-28]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/stav-a-moznosti-vyuziti-rostlinne-biomasy-v-energetice-cr>>. ISSN: 1801-2655.
- [17] Dostupné z WWW: <<http://www.vukoz.cz/vuoz/biomass.nsf/pages/klonyrrd.html>>.
- [18] HODEK, Tomáš: Co s listím, trávou a se zbytky ovoce a zeleniny z kuchyně? . *Biom.cz* [online]. 2009-05-01 [cit. 2009-05-04]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz-biodpady-a-kompostovani/odborne-clanky/co-s-listim-travou-a-se-zbytky-ovoce-a-zeleniny-z-kuchyne>>. ISSN: 1801-2655.
- [19] HRUBÝ, Jan, BADALÍKOVÁ, Barbora: Využití kompostu a netradičních plodin při dekontaminaci půdy znečištěné motorovou naftou. *Biom.cz* [online]. 2009-04-22 [cit. 2009-05-04]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz-biodpady-a-kompostovani/odborne-clanky/vyuziti-kompostu-a-netradicnich-plodin-pri-dekontaminaci-pudy-znecistene-motorovou-naftou>>. ISSN: 1801-2655.
- [20] MUŽÍK, Oldřich, KÁRA, Jaroslav: Možnosti výroby a využití bioplynu v ČR. *Biom.cz* [online]. 2009-03-04 [cit. 2009-05-04]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz-bioplyn/odborne-clanky/moznost-vyroby-a-vyuziti-bioplynu-v-cr>>. ISSN: 1801-2655.
- [21] Dostupné z WWW: <<http://www.europarl.europa.eu/elections2009/highlights/product.htm?ref=20090120TMN46722&secondRef=0&language=CS&section=12>>.
- [22] ČTK. *České noviny.cz : zpravodajský server ČTK* [online]. Upravené vydání. Neris, c2009 , 9.3.2009 [cit. 2009-03-09]. Dostupný z WWW: <[http://www.ceskenoviny.cz/ekologie/zpravy/mzp-trva-na-zvyseni-ucinnosti-elektrarny-prunerov-ii-na-42-/364633&id\\_seznam=>](http://www.ceskenoviny.cz/ekologie/zpravy/mzp-trva-na-zvyseni-ucinnosti-elektrarny-prunerov-ii-na-42-/364633&id_seznam=>). ISBN 1213-5003.
- [23] STUPAVSKÝ, Vladimír: Kapalná biopaliva – cíle a perspektivy. *Biom.cz* [online]. 2008-08-04 [cit. 2009-05-11]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz-kapalna-biopaliva/odborne-clanky/kapalna-biopaliva-cile-a-perspektivy>>. ISSN: 1801-2655.
- [24] WEGER, Jan: Biomasa jako zdroj energie. *Biom.cz* [online]. 2009-02-02 [cit. 2009-05-12]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz-spalovani-biomasy/odborne-clanky/biomasa-jako-zdroj-energie>>. ISSN: 1801-2655.
- [25] ŠIROKÁ, Marie: Konopí seté – energetická a průmyslová plodina třetího tisíciletí. *Biom.cz* [online]. 2009-01-26 [cit. 2009-05-19]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz-spalovani-biomasy/odborne-clanky/konopi-sete-energiticka-a-prumyslova-plodina-tretiho-tisicileti>>. ISSN: 1801-2655.
- [26] Dostupné z WWW: <<http://www.agrolit.lit.cz/>>.
- [27] Dostupné z WWW: <<http://www.havelka.cz/index.htm>>.

## Seznam tabulek a obrázků:

## Tabulky:

1. *Podíl jednotlivých primárních energetických zdrojů (PEZ) na celosvětové produkci energie (2004)[1]*
2. *Výroba v elektrárnách firmy ČEZ spalující biomasu s hnědým uhlím[7]*
3. *Předpokládaná struktura zemědělské půdy [1]*
4. *Orientační klíčová čísla pro výhřevnost, výnosy, dobu sklizně a sklizňovou vlhkost energetické fytomasy. Zdroj: VÚRV*
5. *Průměrné výnosy suché biomasy (t/ha) některých jednoletých rostlin při různých termínech sklizně na odlišných stanovištích při dávce 60 kg/ha N*
6. *Průměrné výnosy suché biomasy některých vytrvalých energetických rostlin při sklizni na jaře (sledované období 1996–2002)*
7. *Seznam energetických bylin pro dotace MZe*
8. *Základní složení fosilních paliv a biopaliv [1]*
9. *Vhodnost aplikace různých způsobů konverze biomasy k energetickým účelům*
10. *Spalovací zařízení spalující dřevo nebo biomasu [1]*
11. *Platné limitní účinnosti pro spotřebiče spalující tuhá paliva pro uvedený rozsah výkonů [1]*
12. *Chemické složení a vlastnosti bioplynu [20]*
13. *Produkce bioplynu z různých rostlinných materiálů [1]*
14. *Minimální přepočtená spotřeba biopaliv (ktoe) v ČR v období 2007 – 2010 dle směrnice 2003/30/EC Zdroj: MPO: „Dlouhodobá strategie využití biopaliv v České republice“ – upraveno*
15. *Produkční potenciály bioethanolu (BE) u jednotlivých plodin [23]*
16. *Záznamy o vytápění RD (obec Řetová okr. Ústí nad Orlicí majitel p. Šafář)*
17. *Záznamy o vytápění RD (obec Hnátnice okr. Ústí nad Orlicí, majitele p. Jansa)*
18. *Záznamy o vytápění RD (obec Albrechtice u Lanškrouna okr. Ústí nad Orlicí, majitel p. Vican)*
19. *Zhodnocení návratnosti zvolených druhů vytápění v porovnání s vytápěním hnědým uhlím*
20. *Převodní tabulka I*
21. *Převodní tabulka II [2]*

## Obrázky:

1. *Předpokládaný růst populace (červená - populace , modrá - zaměstnanost)*
2. *Vývoj a struktura spotřeby paliv a energie do roku 2060 (prognóza firmy Shell)*
3. *Podíl jednotlivých primárních energetických zdrojů (PEZ) na celosvětové produkci energie (2004)*
4. *ČEZ a výroba elektřiny v prvním pololetí 2008 (podíl jednotlivých zdrojů)*
5. *Elektrárna Hodonín 5 autor - Hana Raiskubová*
6. *Koloběh uhlíku [1]*



7. *Povolené emisní hodnoty CO kotlů na biomasu při 10% O<sub>2</sub> dle ČSN EN 303-5 pro výkon kotlů < 50kW, 50 až 150 kW a 150 až 300kW [1]*
8. *KTP 20 Teplovodní kotel na kusové dřevo*
9. *BENEKOV PELLING 27 automatický teplovodní kotel na dřevěné pelety a obilí [14]*
10. *Výhřevnost bioplynu v závislosti na obsahu metanu [1]*
11. *Schéma anaerobní fermentace [1]*
12. *Schéma změn složení bioplynu při náběhu anaerobního fermentačního procesu*
13. *Porovnání měrných emisí řepkových metylesterů a motorové nafty*
14. *Mechanická aerace při komunálním kompostování*
15. *Chrastice rákosovitá*
16. *Sklizeň šťovíku 17.7.2003 (Fitmin, a.s.)*
17. *Porost Křídlatka v povodí řeky Morávky*
18. *Sklizeň konopí setého pro energetické využití*
19. *Přehled výroby, vývozu, dovozu a spotřeby řepkových metylesterů v ČR v tis. t v letech 95-03 (zdroj: Celní statistika, VÚZT – SVB, 2004)*
20. *Sklizeň Řepky olejné ozimé*
21. *Topinambur hlíznatý – hlízy*
22. *Topinambur hlíznatý – kvetoucí*